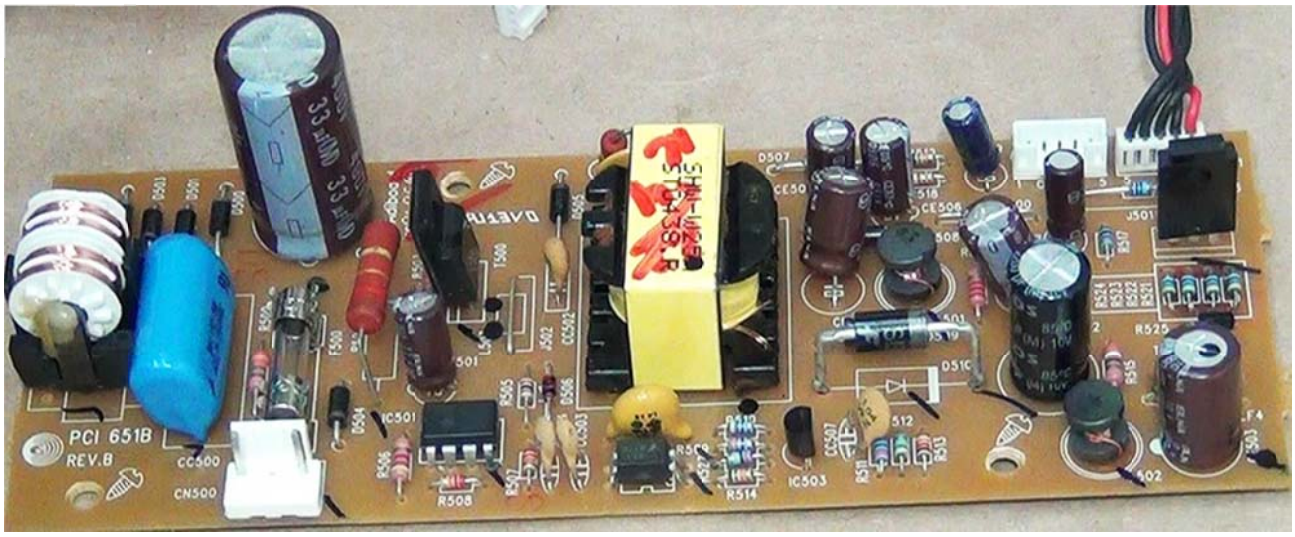
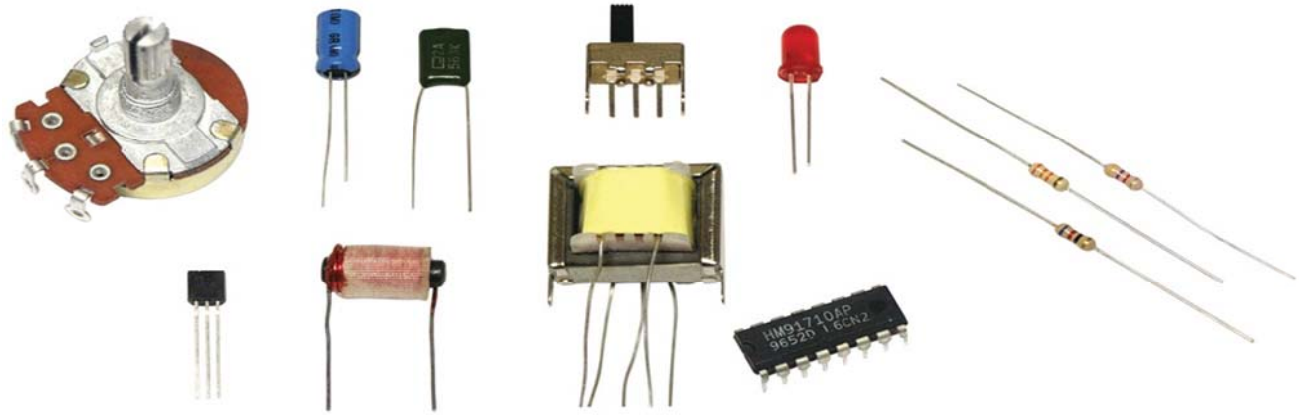
TREINAMENTO DE ELETRÔNICA BÁSICA E FONTES CHAVEADAS





- ✓ APRENDA O FUNCIONAMENTO E COMO IDENTIFICAR OS COMPONENTES ELETRÔNICOS
- ✓ APRENDA A USAR O MULTÍMETRO E TESTAR OS COMPONENTES ELETRÔNICOS
- ✓ APRENDA SOBRE OS COMPONENTES ELETRÔNICOS ESPECIAIS
- ✓ APRENDA O FUNCIONAMENTO E COMO CONSERTAR FONTES CHAVEADAS
- ✓ CONTÉM VÁRIOS EXERCÍCIOS PARA AJUDAR NO APRENDICADO
- ✓ AO FINAL DO LIVRO VOCÊ ENCONTRA AS RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS

AUTOR - LUIS CARLOS BURGOS - REF EB005

WWW.BURGOSELETRONICA.NET
HTTP://LOJA.BURGOSELETRONICA.NET
WWW.LOJABURGOSELETRONICA.COM.BR

ÍNDICE

Aula 1 – Noções de eletricidade, símbolos e resistores.....1
Características de um bom multímetro para eletrônica.....1
Símbolos dos principais componentes eletrônicos.....1
Corrente – Tensão – Resistência elétrica.....2
Lei de Ohm.....3
Circuito elétrico.....3
Tipos de corrente elétrica.....3
Potência elétrica.....4
Estudo dos resistores.....4
Código de cores e leitura de resistores.....5
Aula 2 – Soldagem, multímetro e mais resistores.....6
Leitura de resistores especiais e potenciômetros.....6
Técnicas de soldagem.....7
Sugador de solda.....8
O multímetro ou multitester.....8
Associações de resistores.....10
Outros tipos de resistores.....11
Aula 3 – Capacitor, ohmímetro e teste de resistores.....12
Uso do ohmímetro.....12
Teste de resistores.....13
Estudo dos capacitores.....14
Leitura dos capacitores.....15
Como testar os capacitores com o multímetro.....17
Como testar capacitores com o capacímetro.....17
Capacitores Variáveis.....18
Aula 4 – Diodos e transistores.....19
Estudo dos diodos.....19
Estudo dos transistores.....21
Aula 5 – CIs, bobinas, transformadores e fonte de alimentação.....25
Circuito Integrado (CI ou IC).....25
Semicondutores SMD.....26
Bobinas ou indutores.....27
Transformador (trafo).....27
Fonte de alimentação.....29
Aula 6 – Outros componentes.....32
Como testar um transistor MOSFET.....32
Bobinas e capacitores parecidos com resistores.....32
Relê.....33
Tiristores.....33
Transistor "Darlington".....34
Fotoacoplador.....34
Cristais osciladores.....34
Teste final do treinamento de eletrônica básica - parte teórica 35
Teste final do treinamento de eletrônica básica - parte prática 36
Fontes Chaveadas.....37
Fonte chaveada em paralelo ou tipo "flyback".....37
Roteiro para conserto de uma fonte em paralelo.....39
Fonte inverter.....41
Conversor DC-DC "buck" ou "step-down".....42
Conversor "buck" síncrono.....43
Roteiro para conserto do conversor "buck".....45
Conversor DC-DC "boost" ou "step-up".....45
Roteiro para conserto do conversor "boost".....46
Testando mosfets.....46
Testando fotoacopladores.....47
Observações finais sobre fontes chaveadas.....48

Dedicatória

Eu dedico este trabalho ao meu irmão Luis Marcelo que não está mais entre nós materialmente, mas está comigo espiritualmente me dando forças para superar os desafios da vida. Também ao meu outro irmão e sócio Luis Henrique, autor de várias fotos deste trabalho e minha mãe D. Darci. Dedico também esta obra a todos os meus alunos e futuros alunos e a toda equipe da Burgoseletronica Ltda.

Bibliografia

Texto – Todo o texto desta obra é de autoria e responsabilidade de Luis Carlos Burgos, portanto é de uso exclusivo do autor;

Fotos e desenhos – Quase todas as fotos e figuras desta obra são de autoria de Luis Carlos Burgos. Algumas poucas foram retiradas da internet ou de manuais de serviço.

Treinamento de eletrônica básica e fontes chaveadas

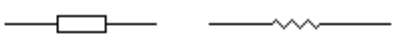
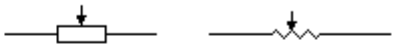
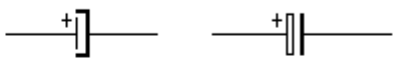
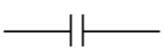
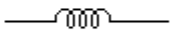
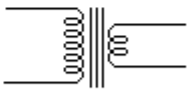
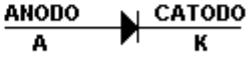
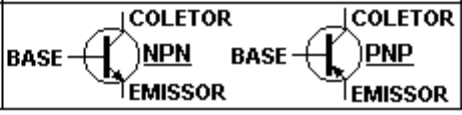
Por **Luis Carlos Burgos** **lburgos23@terra.com.br**

Aula 1 – Noções de eletricidade, símbolos e resistores

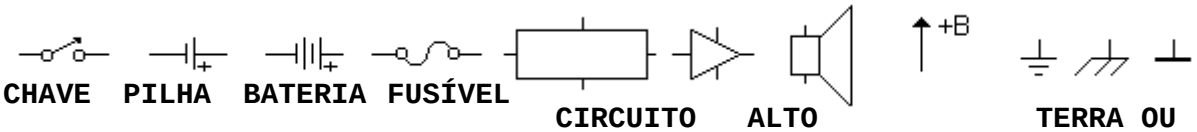
1 - Características de um bom multímetro para eletrônica

O **multímetro (também chamado de multiteste ou mitter)** é o aparelho mais usado na bancada de eletrônica tanto para quem realiza consertos, quanto para quem faz experiências com circuitos e componentes eletrônicos. Tal aparelho é usado para medir tensão, corrente e resistência elétrica, além de outras medidas menos importantes. Existem dois tipos: **analógicos** com ponteiro e **digitais** com visor de cristal líquido. Para os modelos analógicos, os recomendados são os que têm as escalas de **X1 e X10K** e sensibilidade (precisão) de pelo menos **20 KΩ/V em DCV.** Este número vem no canto inferior esquerdo do painel. No caso dos digitais, as escalas dependem da necessidade, porém seria interessante se ele puder ter um freqüencímetro (MHz) ou um capacímetro (nF ou µF).

2 – Símbolos dos principais componentes eletrônicos

COMPONENTE	SÍMBOLO OU SÍMBOLOS	ASPECTO FÍSICO
RESISTOR		
TRIMPOT E POTENCIÔMETRO		
CAPACITOR ELETROLÍTICO		
CAPACITOR COMUM		
BOBINA OU INDUTOR		
TRANSFORMADOR OU TRAFO		
DIODO COMUM		
LED		
TRANSISTOR		

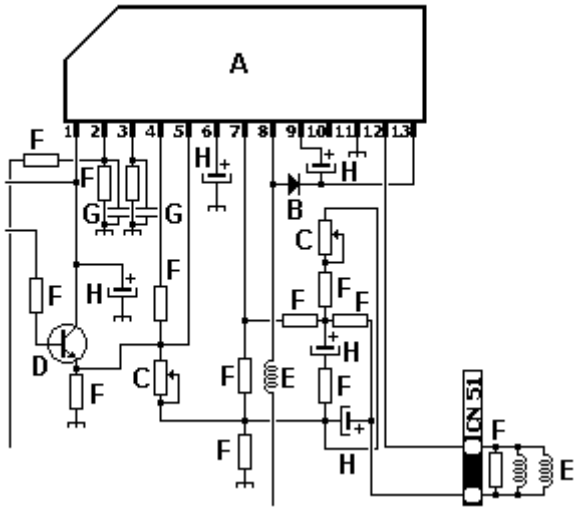
Veja abaixo os símbolos de outros componentes que não estão na tabela:



CHAVE **PILHA** **BATERIA** **FUSÍVEL** **CIRCUITO INTEGRADO (CI ou IC)** **ALTO FALANTE** **TERRA OU MASSA**

Exercício 01

Abaixo vemos o circuito vertical de um televisor. Cada componente tem uma letra. Coloque o nome para cada componente ao lado do circuito:



A - _____

B - _____

C - _____

D - _____

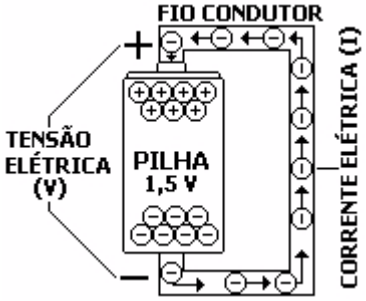
E - _____

F - _____

G - _____

H - _____

3 – Corrente – Tensão – Resistência elétrica



a – Corrente elétrica (I) – É o movimento ordenado de cargas elétricas. A unidade de medida da corrente elétrica é o **AMPÈRE (A)**. Porém muitos circuitos eletrônicos funcionam com correntes menores que 1 A. Neste caso usamos o MILIAMPÈRE (mA) e o MICROAMPÈRE (μA). 1 mA = 0,001 A e 1 μA = 0,000.001 A.

b – Tensão elétrica (V) – É a diferença de cargas entre os pólos da pilha ao lado. A tensão elétrica é medida em **VOLT (V)**. A tensão age como uma força que faz a corrente elétrica passar pelo circuito. A tensão da pilha é de 1,5 V, a da bateria de carro é 12 V e a da rede elétrica é 110 ou 220 V.

c – Resistência elétrica (R) - É a dificuldade oferecida pelos materiais à passagem da corrente elétrica. A resistência é medida em **OHM (Ω)**. No desenho acima a resistência é oferecida pelos átomos do cobre, porém este material, devido à sua baixa resistência, é chamado de **condutor**. Os de resistência média são **semicondutores** e os de alta resistência são **isolantes**.

d – Resistor – É o componente formado por um material mau condutor (grafite, níquel-cromo ou filme metálico) usado para diminuir a corrente e a tensão em determinados pontos do circuito. O resistor também é medido em **OHM (Ω)**.

Exercício 02

Relacione as duas colunas:

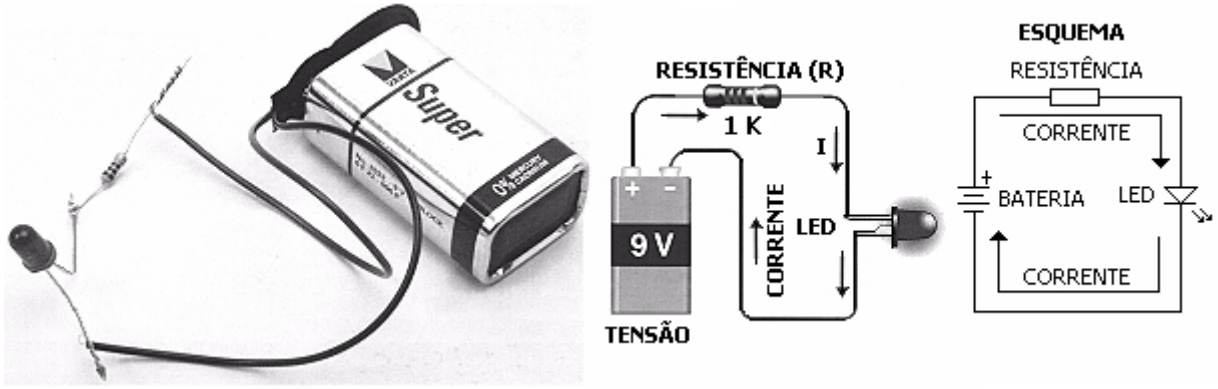
(A) Tensão ( ) Ω
(B) Corrente ( ) V
(C) Resistência ( ) A

4 – Lei de Ohm

Através dela é possível saber o valor da corrente que circula por um resistor: **I = V/R**. Por exemplo, se um resistor de 10 Ω é ligado numa fonte de 6 V, a corrente que passará por ele será: I = 6/10 = **0,6 A ou 600 mA.**

5 – Circuito elétrico

É o caminho completo para a circulação de corrente elétrica. Abaixo vemos um circuito simples formado por uma bateria ligada num LED e um resistor:



Exercício 03

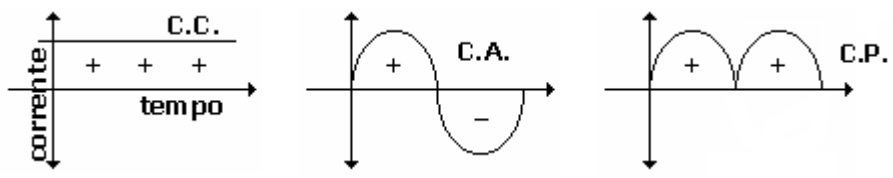
No circuito acima a bateria é de 9 V. O LED dá uma queda de tensão de 1,5 V. O resistor do circuito é de 1 K. Usando a Lei de Ohm, calcule a corrente que circula pelo LED _____

6 – Tipos de corrente elétrica

a - Corrente contínua (CC ou DC) – Mantém sempre o mesmo valor e o sentido, sendo representada por uma linha reta. É produzida por tensão contínua de pilhas, baterias e fontes de alimentação.

b - Corrente alternada (CA ou AC) – Muda de valor e de sentido no decorrer do tempo. É fornecida pela tensão alternada da rede elétrica.

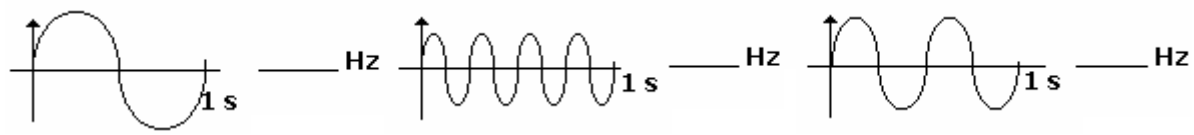
c - Corrente pulsante (CP) – Só muda de valor. Este tipo normalmente é obtido pela retificação da corrente alternada. Veja a representação dos tipos de correntes:



d - Freqüência – É a quantidade de vezes que a C.A. muda de valor e de sentido por segundo. É medida em **HERTZ (Hz)**. A freqüência da rede elétrica é 60 Hz.

Exercício 04

Indique a freqüência das correntes abaixo:



7 – Potência elétrica

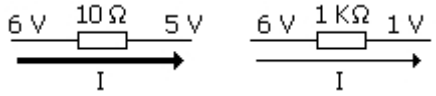
É a quantidade de energia elétrica consumida por um aparelho ou circuito por segundo. A potência é medida em **WATT (W)**. Ela nos dá idéia do gasto de energia de um aparelho. Por exemplo: um ferro de solda de 60 W gasta mais energia elétrica que um de 30 W. Logo o ferro de 60 W aquece bem mais que o de 30 W. Para saber a potência elétrica de um aparelho eletrônico basta multiplicar a tensão que ele funciona pela corrente elétrica que passa pelo mesmo. **P = V x I**

Exercício 05

Um rádio do Paraguai veio com a seguinte indicação: 15 W PMPO. Ele funciona com 4 pilhas (6 V) e com o volume no máximo a corrente chega a 0,5 A. Qual a verdadeira potência consumida por ele?_____

8 – Estudo dos resistores

Como já vimos os resistores têm como função reduzir a corrente elétrica e a tensão em vários pontos do circuito, como vemos abaixo. São feitos de materiais maus condutores tais como grafite, níquel-cromo e filme metálico.



Quanto maior o valor do resistor, menor a corrente no circuito e maior a queda de tensão proporcionada por ele.

Características dos resistores

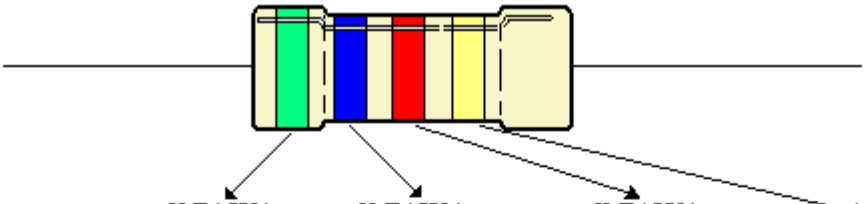
a – Resistência elétrica - Valor em ohms indicado no corpo através de anéis coloridos ou números.

b – Tolerância - Indicada em % é a maior diferença entre o valor indicado e o valor real da peça.
Exemplo: um resistor de 100 Ω e 5% pode ter seu valor entre 95 e 105 Ω;

c – Potência nominal - Máximo de calor suportado pela peça. A potência nominal depende do tamanho da peça. Para os resistores de grafite temos as potências de 1/8, ¼, ½, 1 e 3 W. Os de metalfilme são de 1/3, ½, 1, 1.6, 2 e 3W. Os de fio vão de 2 a 200 W.

9 - Código de cores e leitura de resistores

Os resistores de grafite e metalfilme possuem anéis coloridos no corpo para indicar seu valor em Ohms (Ω). Veja abaixo a tabela do código de cores usada para a leitura destes resistores:



COR	1ª FAIXA NÚMERO	2ª FAIXA NÚMERO	3ª FAIXA ZEROS	4ª FAIXA TOLERÂNCIA
PRETO	——	0	——	——
MARROM	1	1	0	1%
VERMELHO	2	2	00	2%
LARANJA	3	3	000	——
AMARELO	4	4	0000	——
VERDE	5	5	00000	——
AZUL	6	6	000000	——
VIOLETA	7	7	——	——
CINZA	8	8	——	——
BRANCO	9	9	——	——
OURO	——	——	X 0,1	5%
PRATA	——	——	X 0,01	10%

Conversão de unidade: Quando o valor de um resistor é maior que 1000 Ω, usamos os múltiplos **KILO (K)** e **MEGA (M)**. Veja os exemplos abaixo:

2.000Ω = **2K**; 10.000.000 Ω = **10M**; 6.800Ω = **6K8**

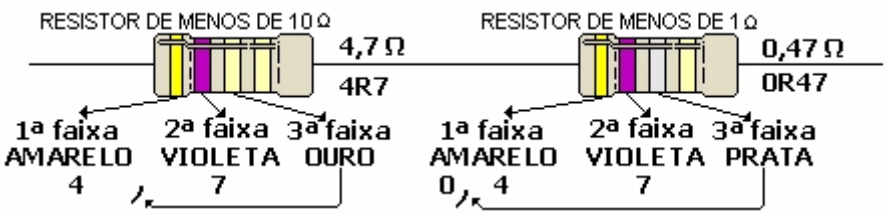
Exercício 06

Indique o valor dos resistores abaixo:

Aula 2 – Soldagem, multímetro e mais resistores

1 – Leitura de resistores especiais e potenciômetros

a – Resistores de baixo valor (menores que 10 Ω) - Estes tipos tem a 3ª listra do corpo ouro ou prata.



Ao lado vemos o exemplo de dois resistores deste tipo. **Quando a 3ª listra é ouro, divida o valor das duas primeiras por 10 e quando é prata divida por 100.**

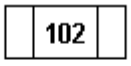
b - Resistores de precisão (5 e 6 faixas) - A leitura começa pela faixa mais fina. O código é o mesmo. Abaixo vemos como é feita a leitura:

1ª faixa (mais fina) número AMARELO 4
2ª faixa número VIOLETA 7
3ª faixa número LARANJA 3
4ª faixa zeros MARROM 0
5ª faixa tolerância MARROM 1%

4.730 Ω ou 4K73 1%

c – Resistores SMD – A leitura é indicada no corpo através de um número. O terceiro algarismo é o número de zeros a ser acrescentado aos primeiros. Observe:

RESISTOR DE 47.000 OHMS OU 47 K

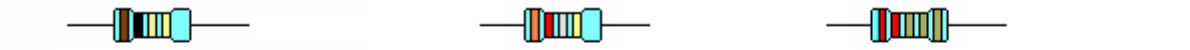


RESISTOR DE 1.000 OHMS OU 1K

JUMPER (FIO)

Exercício 07

Indique o valor dos resistores abaixo:



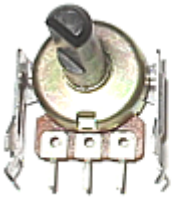
MARROM PRETO OURO _____

VERMELHO VERMELHO PRATA _____

Vermelho Vermelho Marrom Marrom _____

d - Valores padronizados de resistores de grafite - São os valores encontrados no mercado: **1 – 1,1 – 1,2 – 1,3 – 1,5 – 1,8 – 2 – 2,2 – 2,4 – 2,7 – 3 – 3,3 – 3,9 – 4,3 – 4,7 – 5,1 – 5,6 – 6,2 – 6,8 – 7,5 – 8,2 – 9,1** e os múltiplos e sub múltiplos de 10 de cada valor destes até **10 M.**

e - Potenciômetros - São resistores cuja resistência pode ser alterada girando um eixo que move um cursor de metal sobre uma pista de grafite. Alguns deles não têm eixo, sendo chamados de **trimpot**. Ao lado vemos estes componentes:



POTENCIÔMETRO

TRIMPOT

2 – Técnicas de soldagem

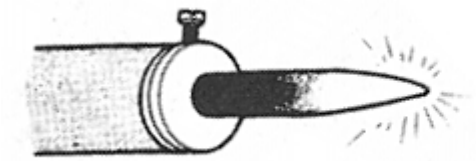
a – Adquirindo boas ferramentas – Quanto ao ferro de solda, deve ser de 30 ou 40 W ponta fina. Os melhores são: **Hikary, Weller, etc.** A solda deve ser de boa qualidade. As melhores são: **Best, Cobix, Cast, etc.** O sugador deve ter boa pressão. Os melhores são: **AFR, Ceteisa, etc.**

b - Ferro de solda – É uma ferramenta contendo um fio de níquel-cromo dentro de um tubo de ferro galvanizado ou latão. Esta parte é a **resistência** do ferro. Dentro da resistência vai encaixada uma ponta de cobre recoberta com uma proteção metálica. Ao ligar o ferro na rede, passa corrente pela resistência e esta aquece a ponta até a temperatura adequada para derreter a solda. Abaixo vemos esta ferramenta:

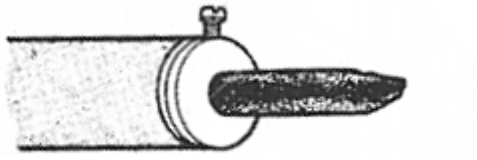
FERRO DE SOLDA DE 30 W

FERRO DE SOLDA DE 40 W

c - Limpeza da ponta do ferro – Quando ligamos o ferro pela primeira vez sai uma fumaça. Esta é a resina que recobre a resistência. Isto é normal. À medida que ele esquenta devemos derreter solda na sua ponta. Esta operação chama-se **estanhagem da ponta**. Abaixo vemos como deve ficar a ponta do ferro:



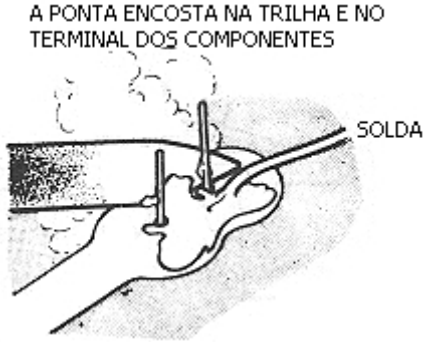
CERTO - PONTA BRILHANTE DA COR DA SOLDA



ERRADO - PONTA SUJA NÃO VAI ADERIR SOLDA

Com o ferro quente, após algum tempo de uso, sua ponta começa a ficar suja. Para limpá-la usamos uma esponja de aço tipo "Bom-bril" ou uma esponja vegetal daquelas que vem no suporte do ferro, conforme observamos ao lado: É só passar a ponta do ferro sobre a esponja úmida e após isto colocar um pouco de solda na ponta. **NÃO SE DEVE NUNCA LIMAR OU LIXAR A PONTA, POIS ISTO ACABA COM ELA**.

d - Operação correta de soldagem – Abaixo vemos a forma correta de se aplicar solda numa trilha da placa de circuito impresso e descrevemos o procedimento:

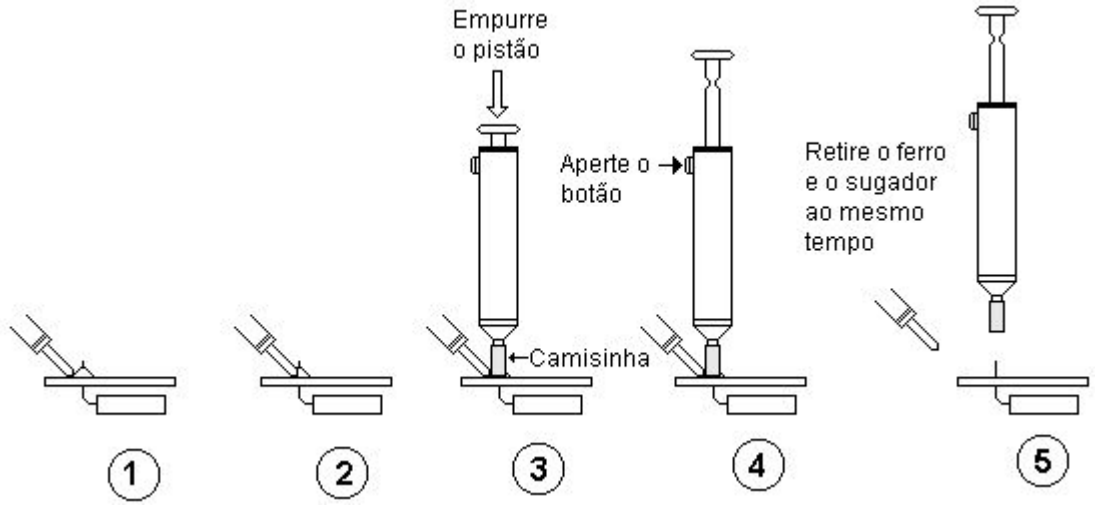


d.1 – Segure o ferro pelo cabo de madeira ou plástico da mesma forma que seguramos o lápis ou caneta para escrever;
d.2 – Limpe e estanhe a ponta do ferro;
d.3 – Espere até o ferro estar na temperatura de derreter a solda;
d.4 – Encoste a ponta ao mesmo tempo na trilha e no terminal da peça. Faça uma ligeira pressão e não mova a ponta do lugar;
d.5 – Aplique solda apenas na trilha na região do terminal do componente;
d.6 – Retire rapidamente a ponta e a solda deverá ficar brilhante. É claro que isto também dependerá da qualidade da solda usada.

3 – <u>Sugador de solda</u>

É a ferramenta usada para retirar a solda dos componentes nos circuitos. É formada por um pistão impulsionado por uma mola dentro de um tudo de plástico ou metal. Quando o pistão volta a sua posição, a solda é aspirada para dentro de um tudo. Veja abaixo um excelente sugador da AFR com uma camisinha de borracha no bico:

Como usar corretamente um sugador de solda - Abaixo vemos a seqüência para aplicar o sugador de solda e retirar um componente da placa:



1 - Encoste a ponta do ferro na solda que vai ser retirada. O recomendável aqui é colocar um pouco mais de solda no terminal do componente. Isto facilita a dessoldagem;
2 - Derreta bem a solda no terminal do componente;
3 - Empurre o embolo (pistão) do sugador e coloque-o bem em cima da solda na posição vertical, sem retirar o ferro;
4 - Aperte o botão, o pistão volta para a posição inicial e o bico aspira a solda para dentro do sugador;
5 - Retire o ferro e sugador ao mesmo tempo. Agora o componente está com o terminal solto. Se ficar ainda um pouco de solda segurando o terminal, coloque mais e repita a operação.

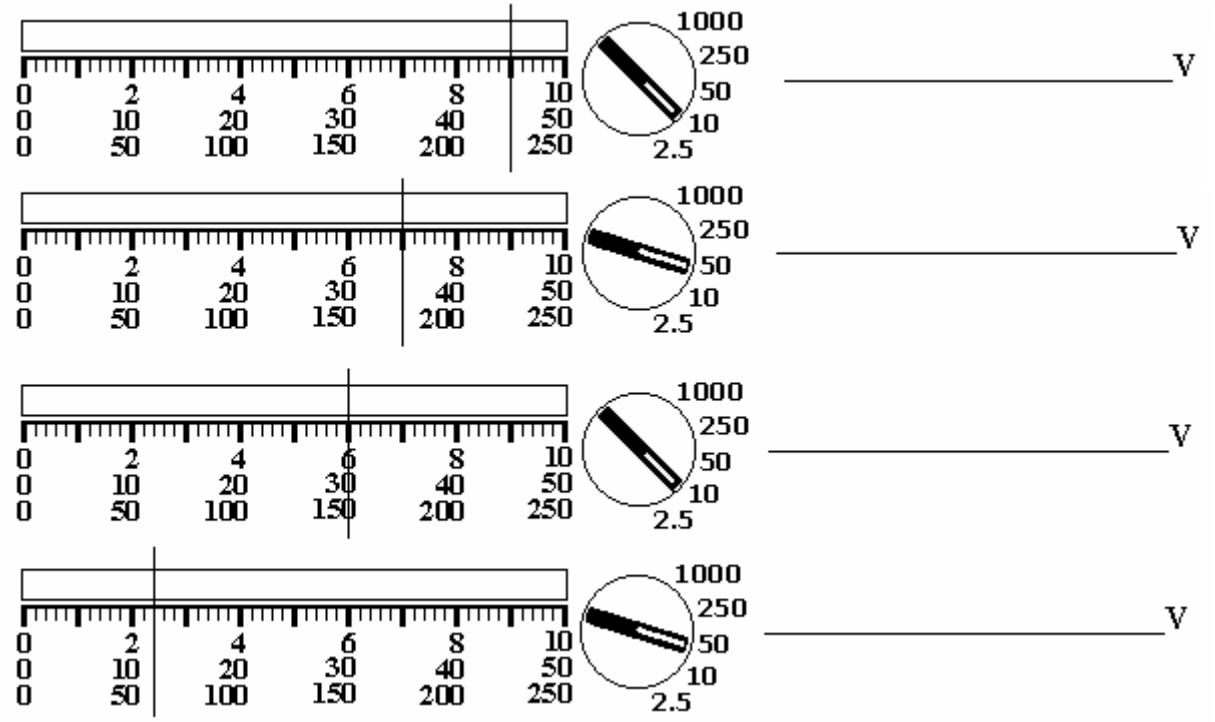
4 – <u>O multímetro ou multitester</u>

É o aparelho usado basicamente para medir corrente, tensão e resistência elétrica. A função do multiteste é escolhida pela chave **AMPERÍMETRO (DCmA) ou (DCA)** – Para medir corrente contínua, **VOLTÍMETRO (DCV)** – Para medir tensão contínua, **ACV** – Para medir tensão alternada e **OHMÍMETRO (Ω)** – Para medir resistência e testar componentes.

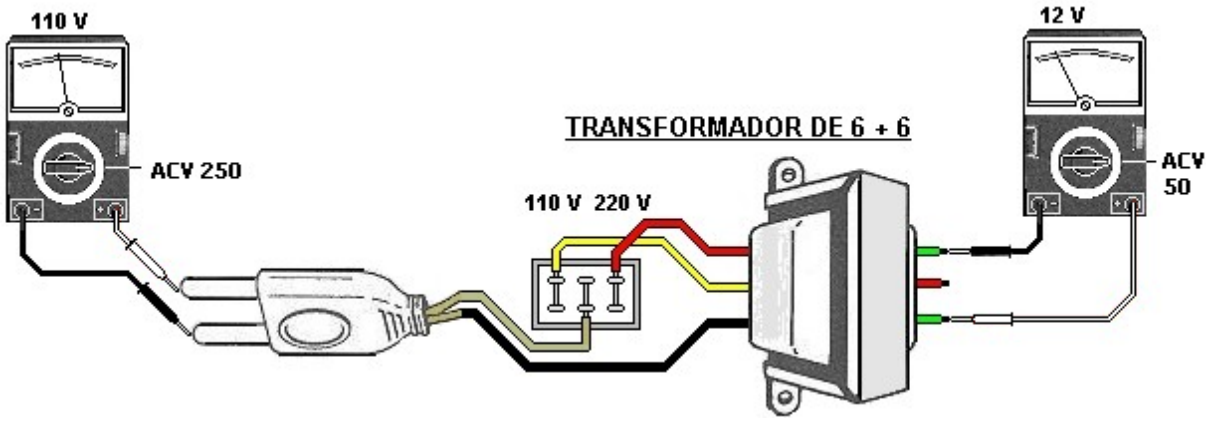
a – <u>Como medir tensão contínua</u> – Coloque a chave do multímetro na função de DCV, escolha a escala mais próxima a cima da tensão a ser medida, ponta vermelha no ponto de maior tensão e a preta no de menor tensão. Veja abaixo:

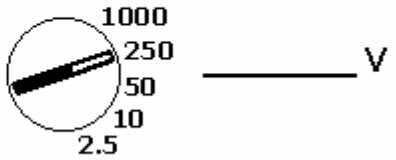
<u>Exercício 08</u>

Indique a tensão medida pelos multímetros abaixo:

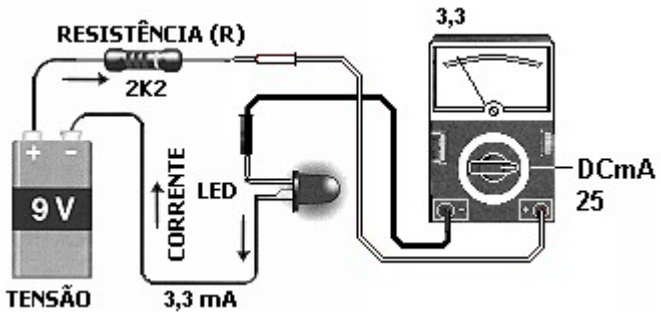


b – <u>Como medir tensão alternada</u> – Coloque na função de ACV, escala mais próxima acima da tensão, porém não há polaridade para colocar as pontas. A leitura é da mesma forma que a função DCV. Veja como medir a tensão AC num trafo:





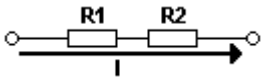
c – <u>Como medir corrente elétrica</u> – Aqui é um pouco mais difícil. Coloque na função DCmA ou DCA. Corte uma parte do circuito. Coloque o multímetro em série, com a ponta vermelha mais próxima do +B. a medida de corrente não é usada nos consertos, devido ao trabalho de interromper o circuito e aplicar as pontas. Veja ao lado o procedimento:



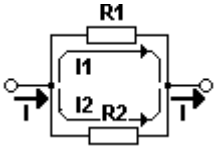
5 – <u>Associações de resistores</u>

A associação é a ligação feita entre vários resistores para se obter um determinado valor de resistência para o circuito. Podem ser ligados em série, paralelo ou misto.

a – <u>Associação em série</u> – É aquela na qual todos estão no mesmo fio, um após o outro, como vemos ao lado. **Neste circuito a corrente é a mesma em todos e a tensão se divide entre eles. A resistência equivalente é a soma dos valores: Rt = R1 + R2**

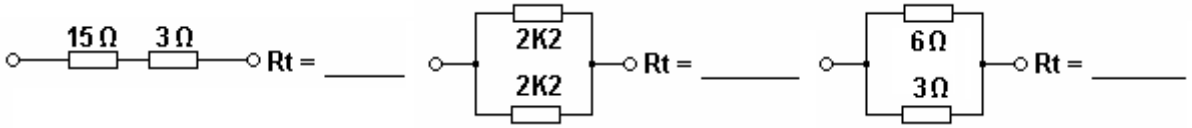


b – <u>Associação em paralelo</u> – É aquela na qual os resistores são ligados um ao lado do outro, aos mesmos pontos. **A corrente se divide entre eles e a tensão é a mesma em todos. Se os dois resistores tiverem o mesmo valor, a resistência equivalente é a divisão de um deles pela quantidade de peças**: **Rt = R/n**, onde **n** é a quantidade de resistores em paralelo. **Se forem diferentes, divida o produto pela soma dos valores: Rt = R1 x R2/ R1 + R2.**



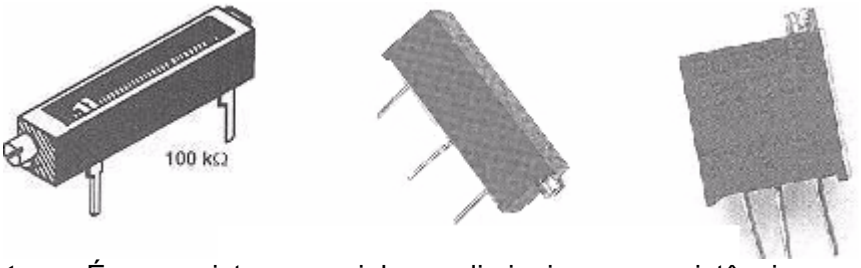
<u>Exercício 09</u>

Indique o valor das seguintes associações:



6 – Outros tipos de resistores

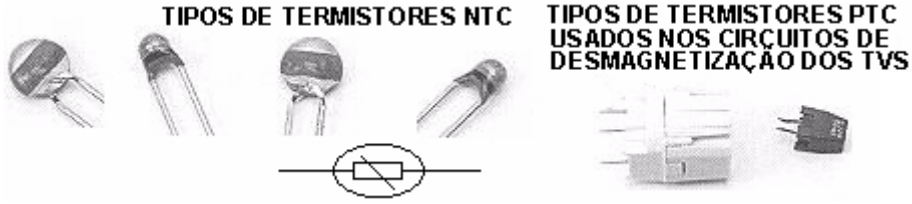
a – Potenciômetros multivoltas - Tem o corpo compridinho e um eixo tipo sem-fim. Girando este eixo, ele varia a resistência bem devagar. É usado em circuitos onde o ajuste da resistência deve ser bem preciso. Veja abaixo:



b - Varistor – É um resistor especial que diminui a sua resistência quando a tensão nos seus terminais aumenta. É usado na entrada de força de alguns aparelhos, protegendo-os de um aumento de tensão da rede elétrica. Quando a tensão nos terminais ultrapassa o limite do componente, ele entra em curto, queima o fusível e desliga o aparelho.

EXEMPLOS DE VARISTORES

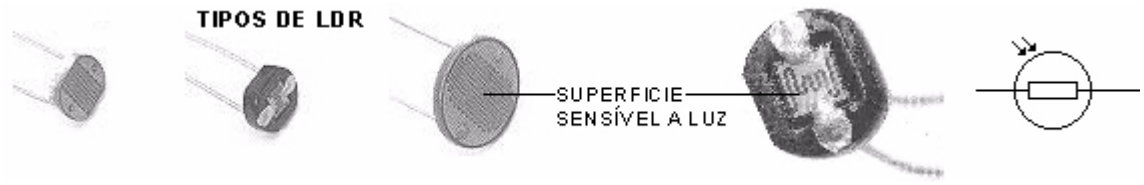
c - Termistor – Este tipo de resistor varia a resistência com a temperatura. Existem os termistores positivos (PTC) que aumentam a resistência quando esquentam e os negativos (NTC) que diminuem a resistência quando esquentam. É usado em circuitos que requerem estabilidade mesmo quando a temperatura de operação aumente.



d - Barra de resistores - São vários resistores interligados dentro de uma única peça, tendo um terminal comum para todos. É usado em circuitos que requerem economia de espaço. Também pode ser chamado de resistor package (pacote de resistores).

ALGUNS TIPOS DE BARRA DE RESISTORES

e - Fotorresistores - Também chamados de **LDR**, variam a resistência de acordo com a luz incidente sobre ele. Quanto mais claro, menor é a sua resistência. São usados em circuitos sensíveis a iluminação ambiente.

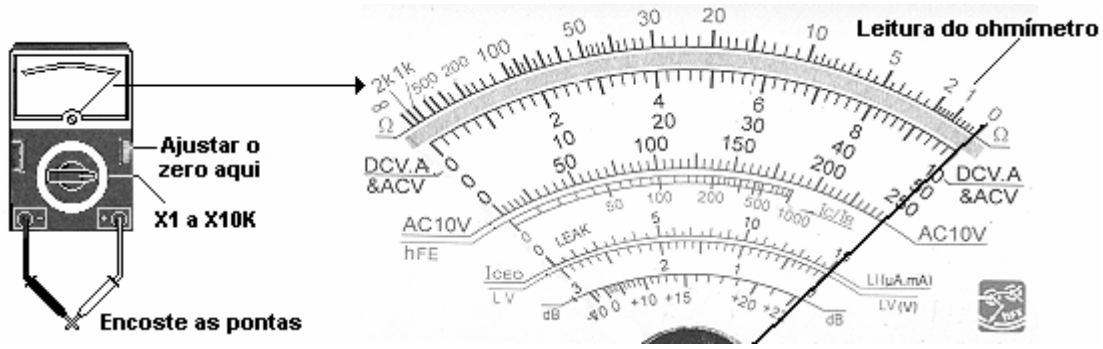


Aula 3 – Capacitor, ohmímetro e teste de resistores

1 – <u>Uso do ohmímetro</u>

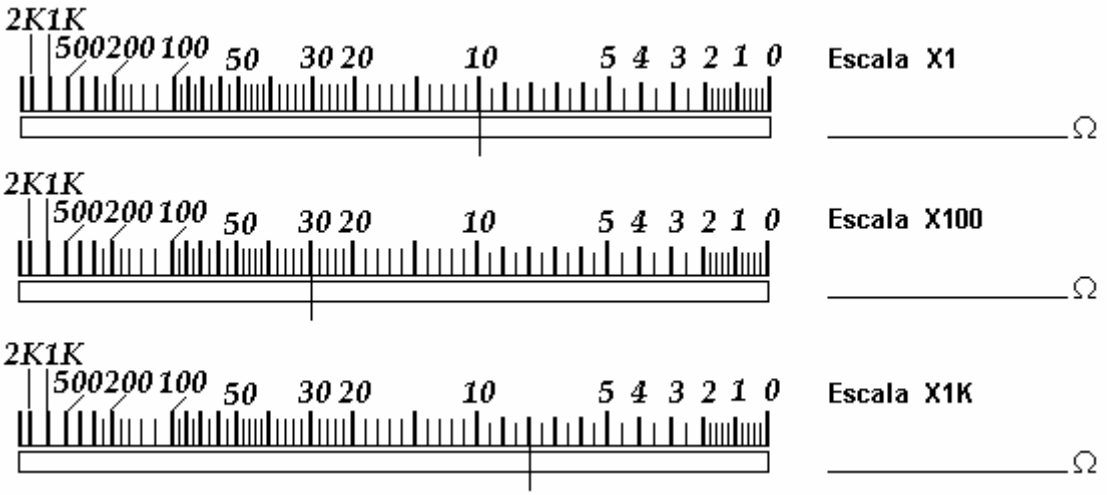
a – <u>Como saber se o ohmímetro está com a escala queimada</u> – Coloque na escala de X1 e segure as pontas pela parte metálica sem encostá-las. Se o ponteiro mexer, a escala de X1 está com o resistor interno queimado (geralmente de 18 Ω). Faça a mesma coisa na escala de X10 (resistor desta escala em torno de 200 Ω).

b - <u>Leitura do ohmímetro</u> - Para usar o ohmímetro, devemos ajustar o ponteiro sobre o zero através do potenciômetro na escala que for usada (X1, X10, X100, X1K e X10K). Se o ponteiro não alcançar o zero, é porque as pilhas ou baterias estão fracas. Na leitura acrescentamos os zeros da escala que estiver a chave. Abaixo vemos como deve ser zerado o ohmímetro:



<u>Exercício 10</u>

Identifique o valor indicado em cada painel abaixo:

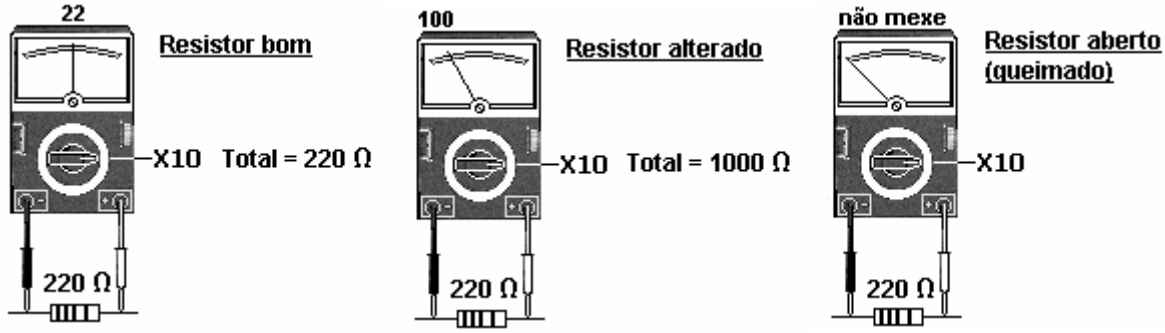


2 – <u>Teste de resistores</u>

a – <u>Fora do circuito</u> - Usar uma escala adequada ao valor da peça, zerar o multímetro e medir. A leitura deve estar próxima ao valor indicado no corpo dele. Abaixo temos duas regras para escolher a escala:

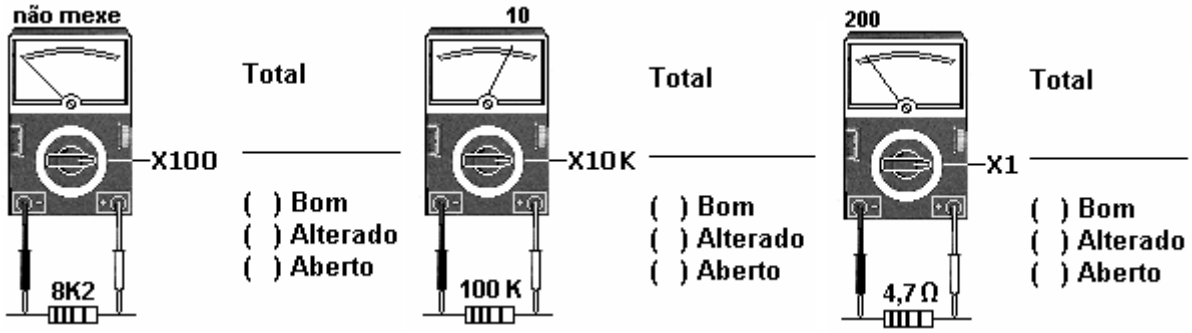
<u>Valor do resistor</u>	**<u>3ª Listra do corpo</u>**
	PRETA – **X1**
Abaixo de 1K **– X1 ou X10**	MARROM – **X10**
Entre 1K e 100K **– X100 ou X1K**	VERMELHA – **X100**
Acima de 100K – **X10K**	LARANJA - **X1K**
	AMARELO OU VERDE – **X10K**

Veja um exemplo do teste dos resistores abaixo:



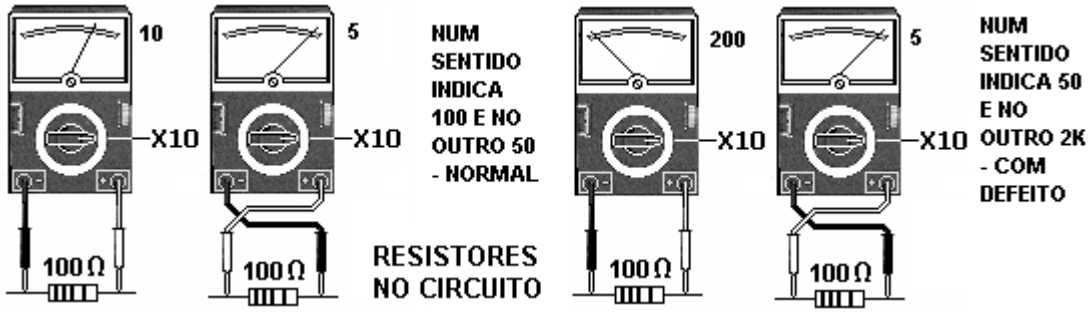
<u>Exercício 11</u>

Indique abaixo o estado dos seguintes resistores:



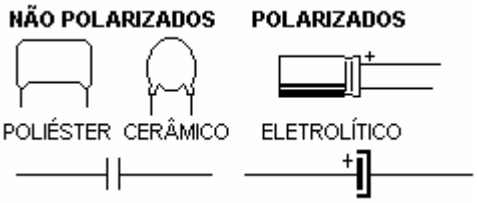
No multímetro digital a escala deve ser a mais próxima acima do valor do resistor.

b – <u>No circuito</u> – Escolha uma escala apropriada a ele como se estivesse fora do circuito e meça nos dois sentidos. Se em pelo menos um sentido a leitura for maior que o valor indicado no corpo, o resistor está com defeito (aberto ou alterado). Veja:



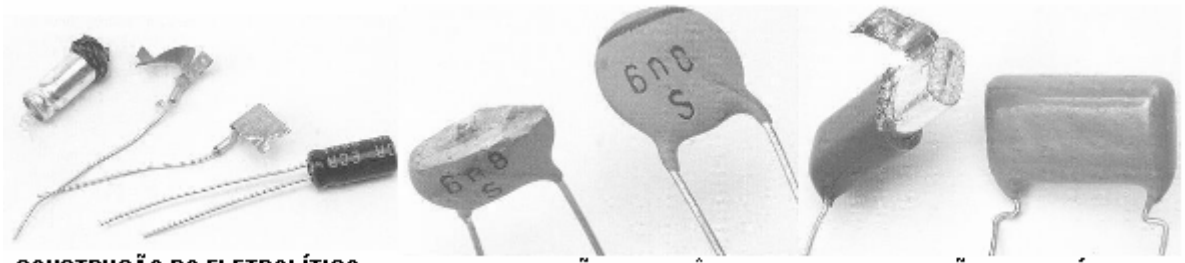
3 – <u>Estudo dos capacitores</u>

O **capacitor** é formado por duas placas condutoras separadas por um isolante chamado **dielétrico**. As placas servem para armazenar cargas elétricas e o dielétrico dá o nome ao capacitor (cerâmica, poliéster, etc.). Em eletrônica há dois tipos de capacitores fixos: **polarizados (eletrolíticos) e não polarizados**. Veja ao lado:

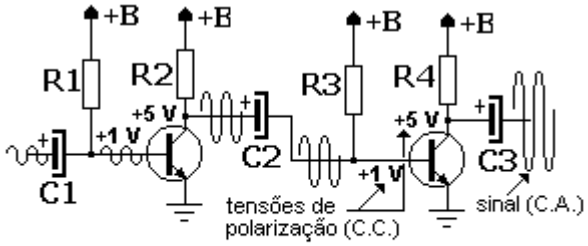


a – <u>Funcionamento do capacitor</u> - Aplicando tensão nos terminais do capacitor, ele armazena cargas elétricas (negativas numa placa e positivas na outra). Enquanto o capacitor está carregando, passa uma corrente no circuito chamada **corrente de carga**. Quando o capacitor já está carregado não circula mais corrente. Para descarregar o capacitor, basta ligar um terminal no outro e a corrente que passa chama-se **corrente de descarga**. Abaixo vemos o princípio de funcionamento:

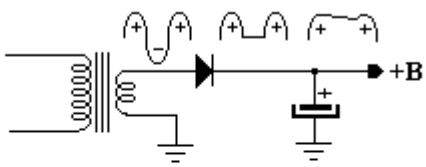
b – <u>Capacitores mais usados atualmente nos equipamentos</u> – São os eletrolíticos (polarizados), os de cerâmica e os de poliéster (não polarizados):



c – <u>Funções dos capacitores nos circuitos</u> - Os capacitores podem ser usados como **filtro** de fonte de alimentação, transformando corrente pulsante em contínua e também servem como **acoplamento ou desacoplamento, bloqueando a C.C. e deixar passar apenas C.A.** Quanto maior o valor do capacitor ou a freqüência da C.A., mais fácil para passar pelo capacitor. Veja alguns exemplos abaixo:



C1, C2 e C3 são capacitores de acoplamento (deixam o sinal passar e bloqueiam a C.C. entre as etapas)



Capacitor de filtro (transforma a corrente pulsante em contínua)

d - <u>Características principais dos capacitores</u> – São: a **capacitância**, ou seja, a sua capacidade em armazenar mais ou menos cargas elétricas e a **tensão de trabalho ou isolação**, ou seja, a máxima tensão que podemos aplicar ao capacitor sem estourá-lo. A capacitância é medida em **FARAD (F)**, porém esta unidade é muito grande e na prática são utilizadas seus submúltiplos **MICROFARAD (µF), NANOFARAD (nF ou KpF) E O PICOFARAD (pF)**.

4 – <u>Leitura dos capacitores</u>

a - <u>Unidades de medida e conversão de uma unidade para outra</u>

a.1 - <u>Microfarad (µF)</u> – É a maior unidade, sendo usada nos capacitores de alto valor (eletrolíticos)

a.2 - <u>Nanofarad (nF) ou (KpF)</u> – É mil vezes menor que o µF, sendo usada nos capacitores comuns de médio valor.

a.3 - <u>Picofarad (pF)</u> – É um milhão de vezes menor que o µF, sendo usada nos capacitores comuns de baixo valor.

Como a relação entre elas é mil, é só levar a vírgula três casas para a esquerda ou para a direita:

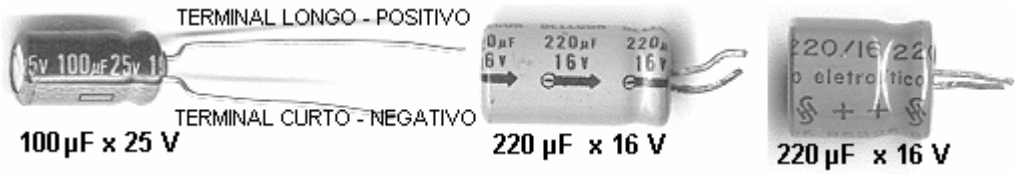
Exemplos: 0,027µF **= 27 nF ;** 2200pF **= 2,2 nF ;** 10 nF **= 0,01µF ;** 0,47µF **= 470 nF**

<u>Exercício 12</u>

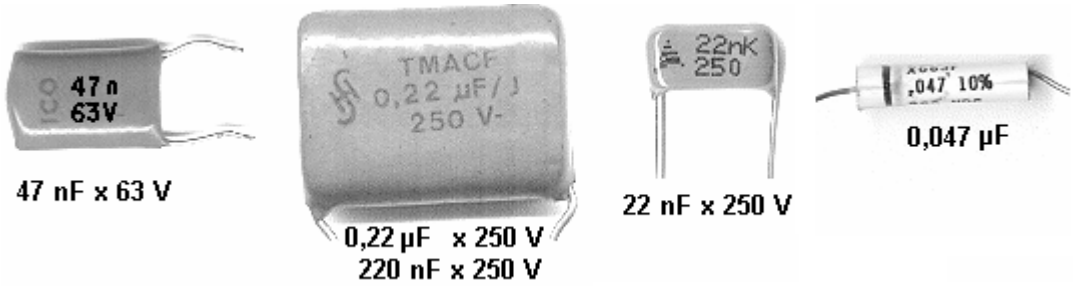
Converta o valor dos capacitores para a unidade indicada em cada caso:

3,3nF = _____pF ; **0,1µF** =_____nF; **0,22µF** = _____nF; **8200pF** = _____ nF

b - <u>Leitura de capacitores eletrolíticos</u> – Este tipo é fácil de identificar o valor, pois ele já vem indicado direto no corpo em **µF**, assim como sua tensão de trabalho em Volts. Às vezes pode vir no corpo dele dois números separados por uma barra. O primeiro é a capacitância e o segundo é a tensão. Veja alguns abaixo:

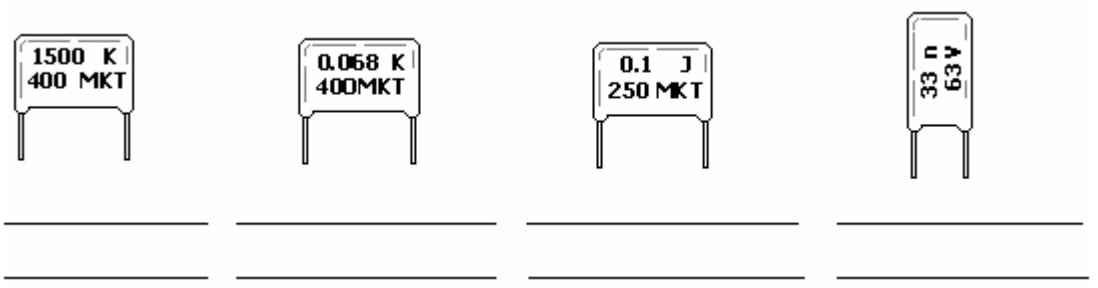


c - <u>Leitura de capacitores de poliéster</u> – Os capacitores comuns (poliéster, cerâmicos, styroflex, etc) normalmente usam uma regra para indicação do seu valor através do número indicado no seu corpo: <u>Número menor que 1</u> = **µF ;** <u>número maior de 1</u> = **pF ;** <u>maior que 1 seguido da letra N</u> = **nF.** Observe abaixo:
IMPORTANTE - A letra ao lado é a tolerância. **J = 5%, K = 10% e M= 20%**

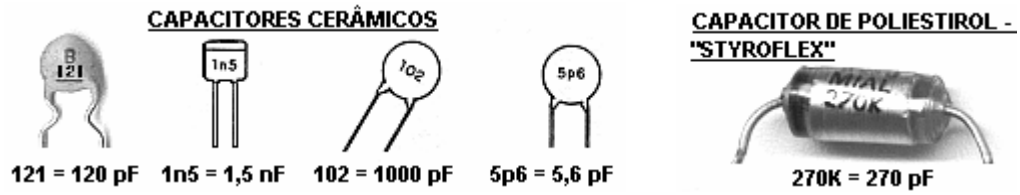


Exercício 13

Vamos ler os capacitores abaixo e passar para a unidade mais conveniente:

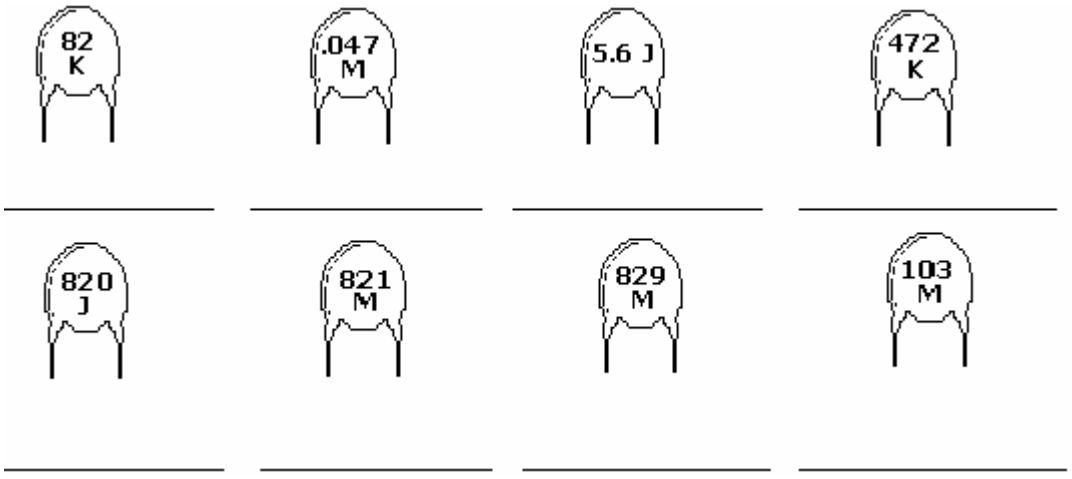


d - <u>Leitura de capacitores de cerâmica</u> – Alguns têm três números no corpo, sendo que o último é a quantidade de zeros a se juntar aos dois primeiros. Quando o 3º número for o "9", ele significa vírgula:

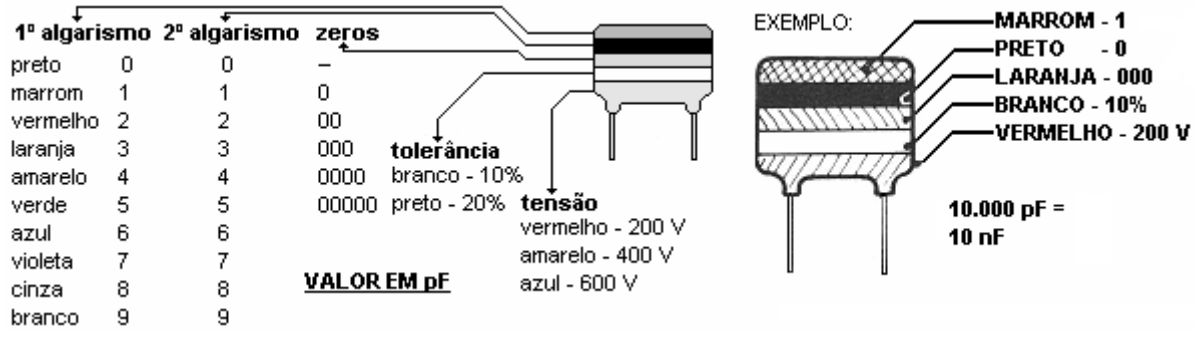


Exercício 14

Vamos ler os capacitores indicados abaixo:

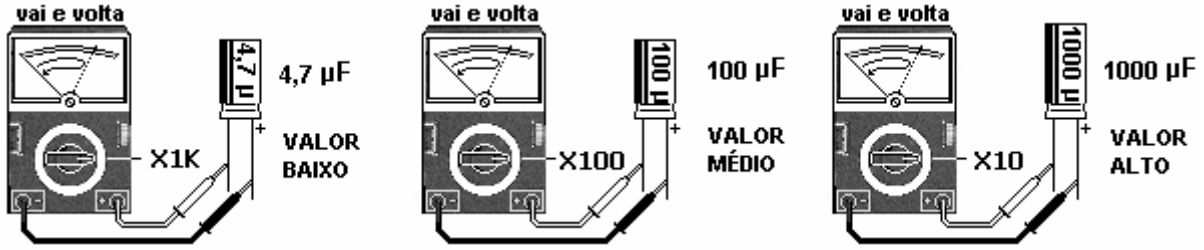


e - Leitura dos capacitores "zebrinha" (antigos) – Usa o código de cores. Veja:

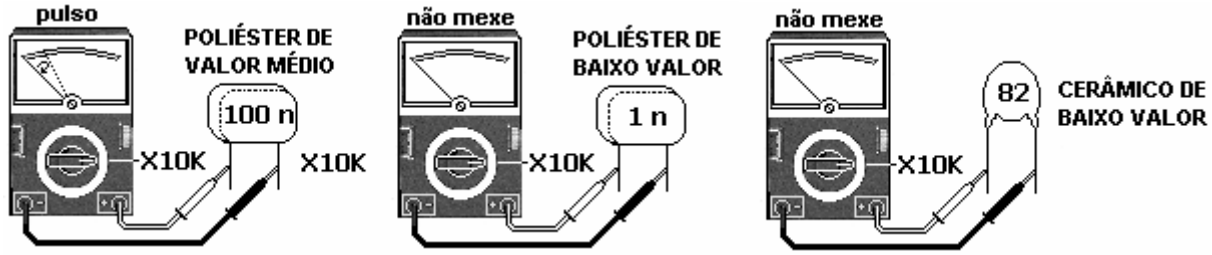


5 – Como testar os capacitores com o multímetro

a - Capacitor eletrolítico – Começar com a menor escala (X1) e medir nos dois sentidos. Aumente a escala até achar uma que o ponteiro deflexiona e volta. Quanto maior o capacitor, menor é a escala necessária. Este teste é apenas da carga e descarga do capacitor. Veja abaixo:

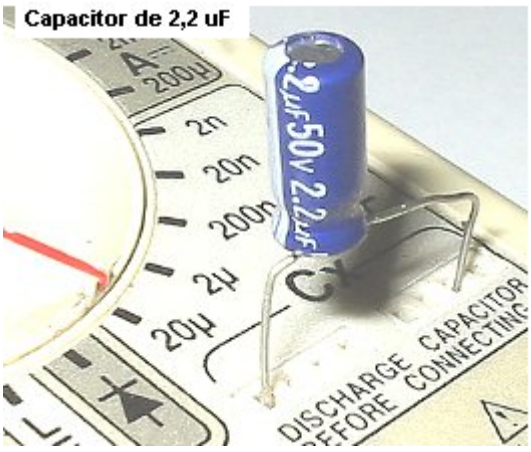


b - Capacitor comum – Em X10K, medir nos dois sentidos. No máximo o ponteiro dará um pequeno pulso se o capacitor tiver valor médio. Se tiver valor baixo o ponteiro não moverá. O melhor método de testar capacitor é medi-lo com o capacímetro ou trocá-lo.



6 – Como testar capacitores com o capacímetro

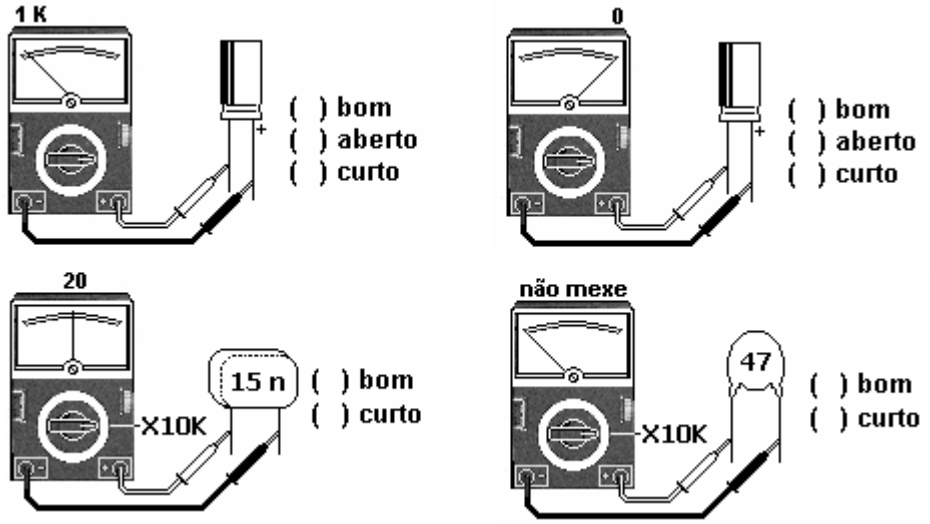
Descarregue o capacitor, tocando um terminal no outro, escolha uma escala mais próxima acima do seu valor (independente dele ser comum ou eletrolítico) e coloque nos terminais do capacímetro (ou nas ponteiras do mesmo se ele tiver). A leitura deverá ser próxima do valor indicado no corpo. Se a leitura for menor, o capacitor deve ser trocado. Veja este teste abaixo:



No caso dos capacitores eletrolíticos, podemos colocá-los no capacímetro em qualquer posição, conforme pode ser visto na figura acima.

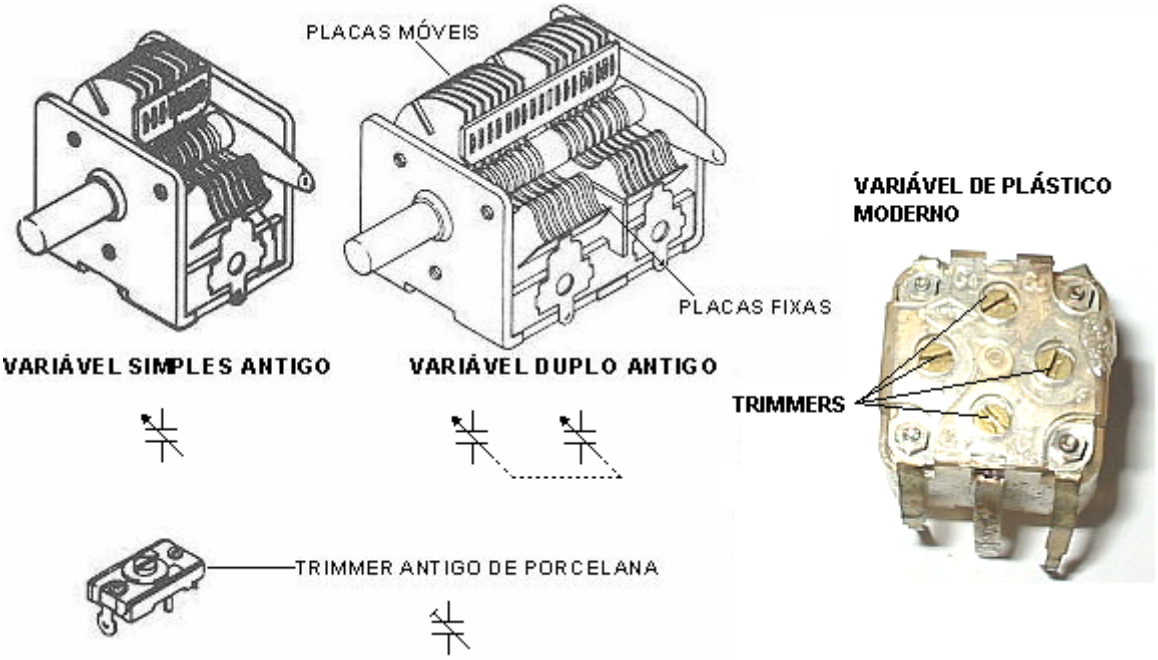
Exercício 15

Indicar o estado dos capacitores abaixo:



7 – Capacitores Variáveis

São formados por placas metálicas móveis que se encaixam em placas fixas quando giramos um eixo. Desta forma ele muda a sua capacitância. Alguns tipos têm apenas uma fenda para ajuste com chave. São chamados de **trimmers**. Abaixo vemos estes componentes.



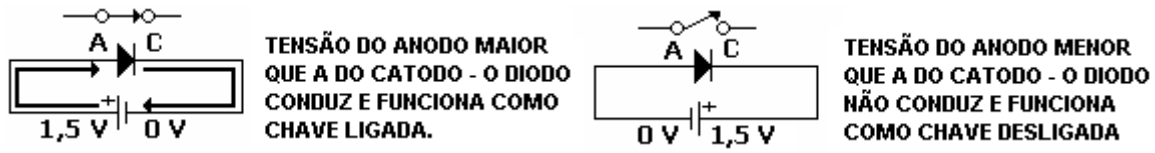
Os **capacitores variáveis** são usados nos rádios para sintonizar as estações. Os **trimmers** têm como função a calibração do rádio para receber as estações na posição correta e com volume alto. A maioria dos rádios usa capacitor variável quádruplo. Dois para AM (oscilador e sintonia) e dois para FM. Cada um tem um trimmer de calibração.

Aula 4 – Diodos e transistores

1 – Estudo dos diodos

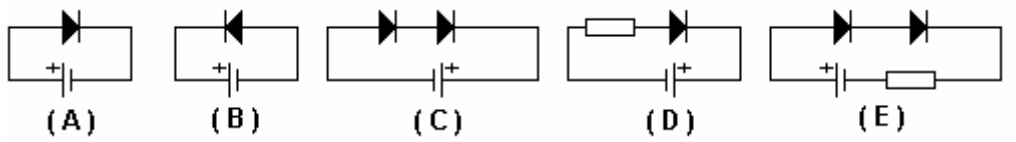
a - Diodo comum – O **diodo** é um componente formado por dois cristais semicondutores de germânio ou silício. Porém na fabricação, o semicondutor é misturado a outras substâncias formando assim um cristal do tipo **P** (**anodo)** e outro do tipo **N (catodo)**. Abaixo vemos os aspectos e o símbolo do diodo:

O diodo só conduz corrente elétrica quando a **tensão do anodo é maior que a do catodo**. Observe abaixo:


A
C
1,5 V
0 V
TENSÃO DO ANODO MAIOR QUE A DO CATODO - O DIODO CONDUZ E FUNCIONA COMO CHAVE LIGADA.
A
C
0 V
1,5 V
TENSÃO DO ANODO MENOR QUE A DO CATODO - O DIODO NÃO CONDUZ E FUNCIONA COMO CHAVE DESLIGADA

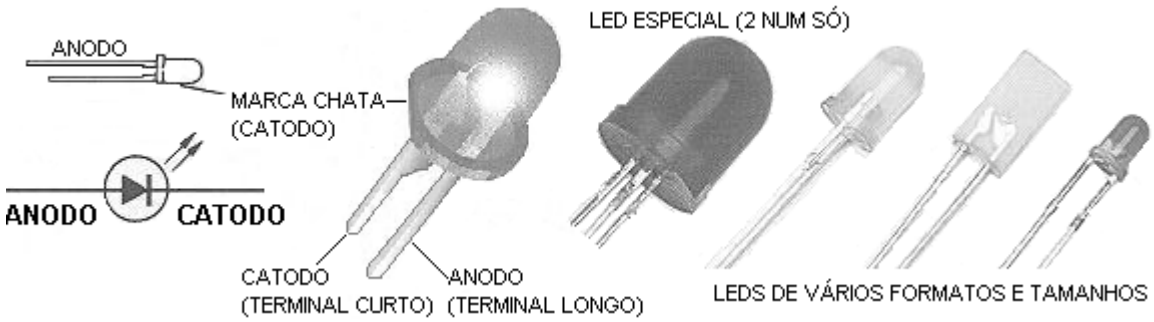
Exercício 16

Indique em quais dos circuitos abaixo circula corrente elétrica:



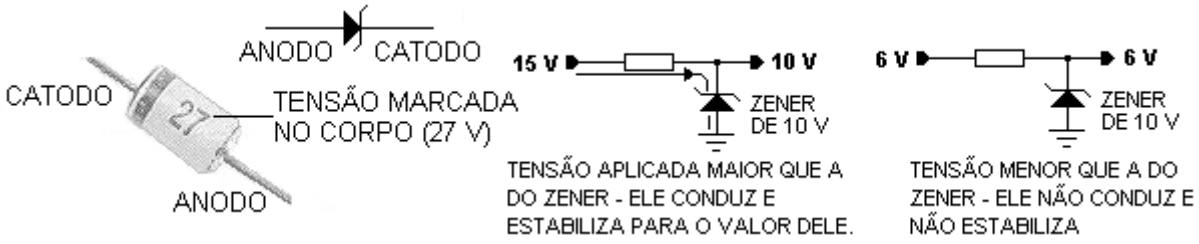
Observação: Um diodo conduzindo dá uma queda de tensão de **0,6 V.**

b - LED (diodo emissor de luz) – É um diodo especial feito de "arseneto de gálio". Funciona da mesma forma que o diodo comum e acende quando diretamente polarizado. Porém para acender necessitam ao menos de 1,6 V. Veja abaixo:



Como o LED não suporta altas correntes, sempre há um resistor em série com ele.

c - <u>Diodo Zener</u> – É o único que pode conduzir corrente no sentido inverso, ou seja, com a tensão do catodo maior que a do anodo. Para ele conduzir nesta condição, a tensão aplicada nele deve ser igual ou maior que a indicada no seu corpo. Observe abaixo como ele estabiliza a tensão indicada no seu corpo dentro de certos limites:


ANODO
CATODO
CATODO
27
TENSÃO MARCADA NO CORPO (27 V)
ANODO
15 V
10 V
ZENER DE 10 V
TENSÃO APLICADA MAIOR QUE A DO ZENER - ELE CONDUZ E ESTABILIZA PARA O VALOR DELE.
6 V
6 V
ZENER DE 10 V
TENSÃO MENOR QUE A DO ZENER - ELE NÃO CONDUZ E NÃO ESTABILIZA

O diodo Zener pode ser usado nos circuitos como **estabilizador** de tensão e em alguns casos como circuito de **proteção**. Conforme observado há um resistor ligado em série com ele para limitar a corrente a um valor adequado ao funcionamento.

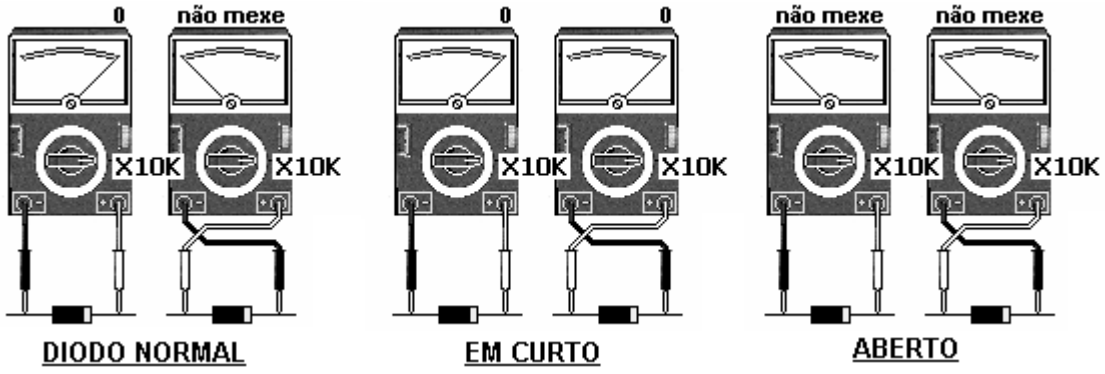
d – <u>Diodo rápido</u> – Tem a capacidade de trabalhar comutando altas freqüências. São usados em fontes de alimentação chaveadas. Fisicamente são parecidos com diodos comuns, mas costumam ter **RU, 4F, BY** em seus códigos.

e – <u>Diodos de uso geral</u> – São aqueles que podem ser usados no lugar de muitos outros como os citados abaixo:

Germânio – 1N60, OA95, etc.
Silício de baixa corrente (diodos de sinal) – 1N4148, 1N4151, BAW62, etc.
Silício de alta corrente (diodos retificadores) – 1N4007, 1N5408, SKE 1/08 (1 A/ 800 V), SKE 1/12, etc.
Diodos rápidos – BYV56, RU4Y, UF5404, SKE4F1/12, etc.

c – <u>Teste de diodos</u>

Usar a maior escala (X10K ou X1K) e medir o diodo nos dois sentidos. O ponteiro só deve deflexionar num sentido. Como a ponta preta está ligada no positivo das pilhas, o ponteiro irá mexer com a preta no anodo. Observe abaixo:

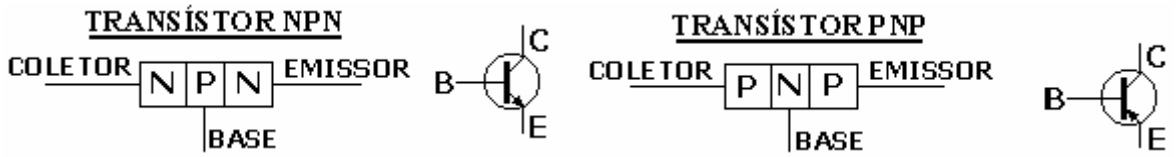


O teste visto acima é feito com o diodo fora do circuito. No circuito usamos a escala de X1 e medimos nos dois sentidos. O ponteiro deve mexer mais num sentido e menos no outro. Se o ponteiro mexer igual nos dois sentidos, devemos tirar o diodo e medi-lo fora do circuito em X10K.

Com multímetro digital – Usamos a escala e medimos nos dois sentidos. Num sentido ele indica alguma resistência e no outro nada (aparece apenas o número "1" no visor).

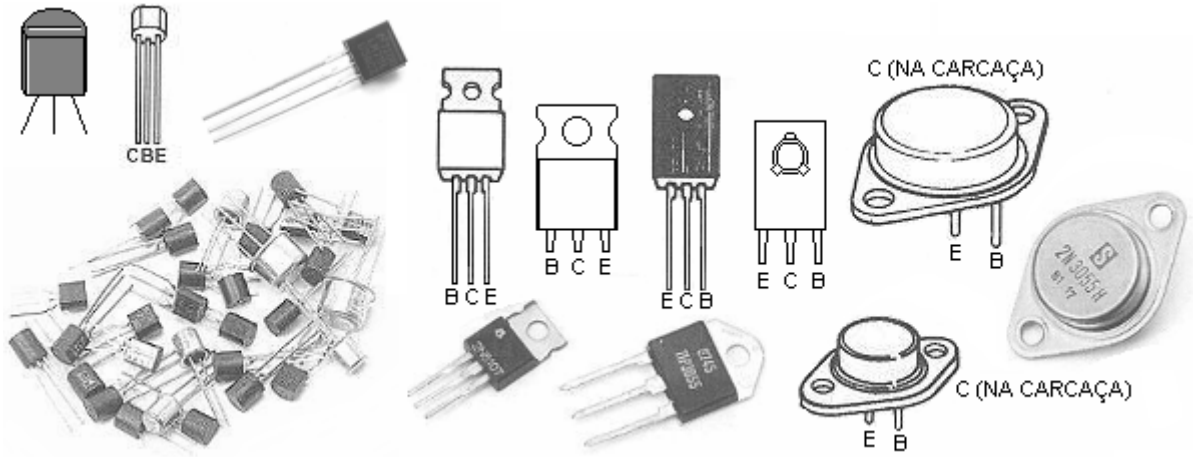
2 – Estudo dos transistores

O transistor é um componente formado por três cristais de silício, sendo dois **N** e um **P** ou dois **P** e um **N.** Abaixo vemos os tipos e símbolos dos transistores comuns usados em eletrônica (bipolares):

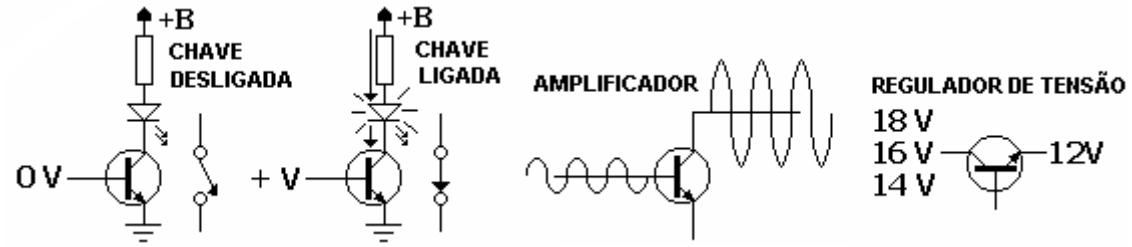


a – Classificação dos transistores de acordo com a potência máxima:

a.1 – Transistores de baixa potência – São os transistores pequenos que não suportam muito calor;
a.2 – Transistores de média potência – São maiores que os anteriores e muitos possuem um furo para serem parafusados num dissipador de calor;
a.3 – transistores de alta potência – São aqueles que têm o corpo grande próprios para suportarem altas temperaturas. Estes trabalham com dissipadores de calor.
Veja abaixo alguns exemplos dos transistores citados:



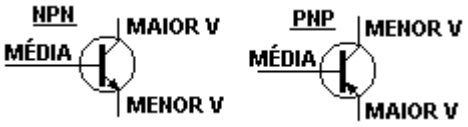
b – Funções dos transistores nos circuitos - Pode funcionar como **chave**, **amplificador de sinais** e **regulador de tensão**, como vemos abaixo:



c – Polarização - São as tensões contínuas aplicadas nos terminais do transistor para ele funcionar. A polarização do transistor NPN é o contrário do PNP.

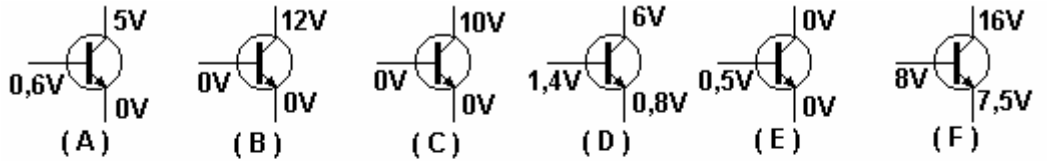
c.1 - Polarização de um transistor NPN – Tensão mais alta no **coletor**, média na **base** e mais baixa no **emissor** . A tensão da base é só um pouco maior que a do emissor (no máximo 0,8 V a mais).

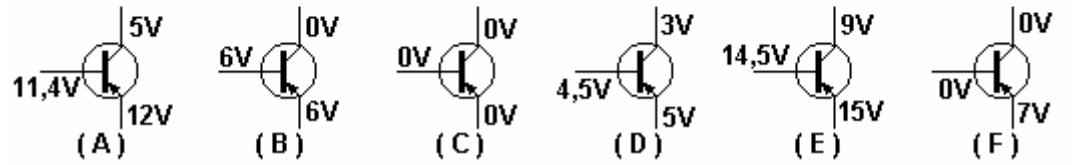
c.2 - <u>do transistor PNP</u> – Funcionam com tensão mais alta no **emissor**, média na **base** e tensão mais baixa no **coletor**. Ao lado vemos a ordem das tensões para os dois tipos de transístores:



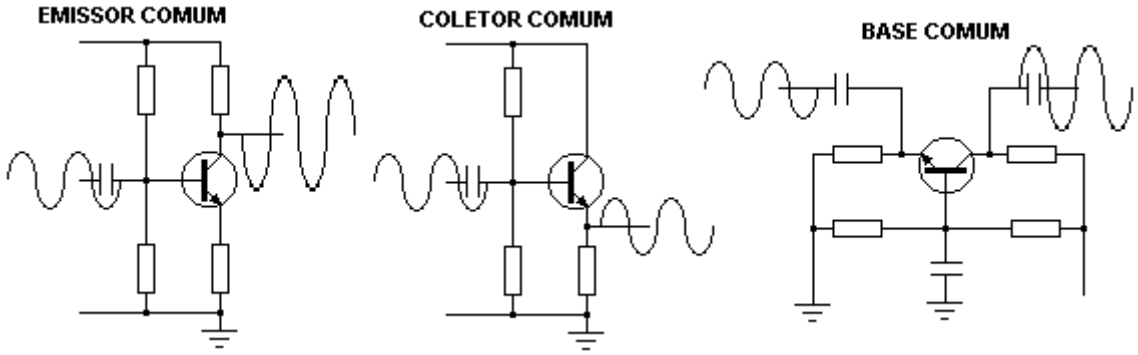
<u>Exercício 17</u>

Marque um "x" nos transistores polarizados corretamente:

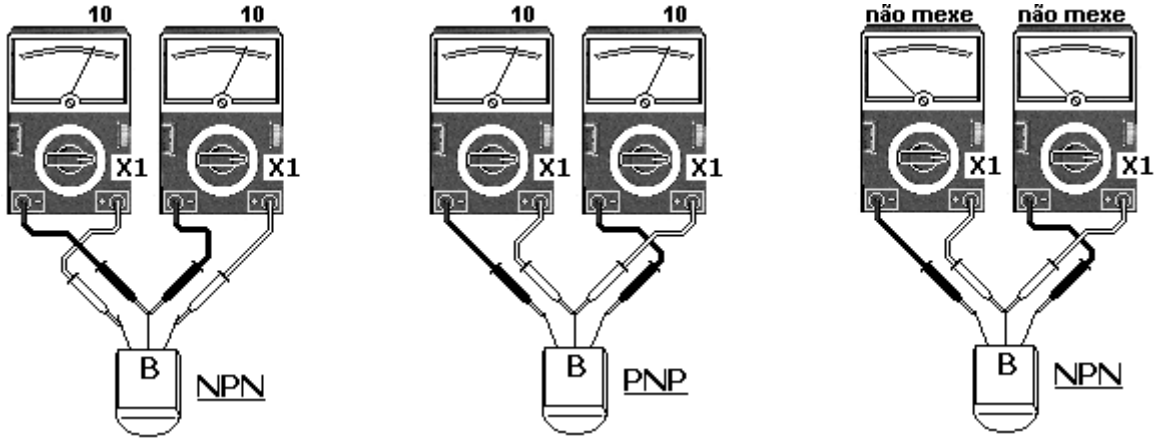




d – <u>Modos de ligar um transistor no circuito</u> – Um transistor funcionando como amplificador pode ser ligado no circuito de três formas diferentes: **emissor comum** – O sinal entra na base e sai amplificado no coletor, **coletor comum** – o sinal entra na base e sai no emissor, porém apenas com ganho de corrente e **base comum** – o sinal entra no emissor e sai amplificado no coletor. Observe abaixo:



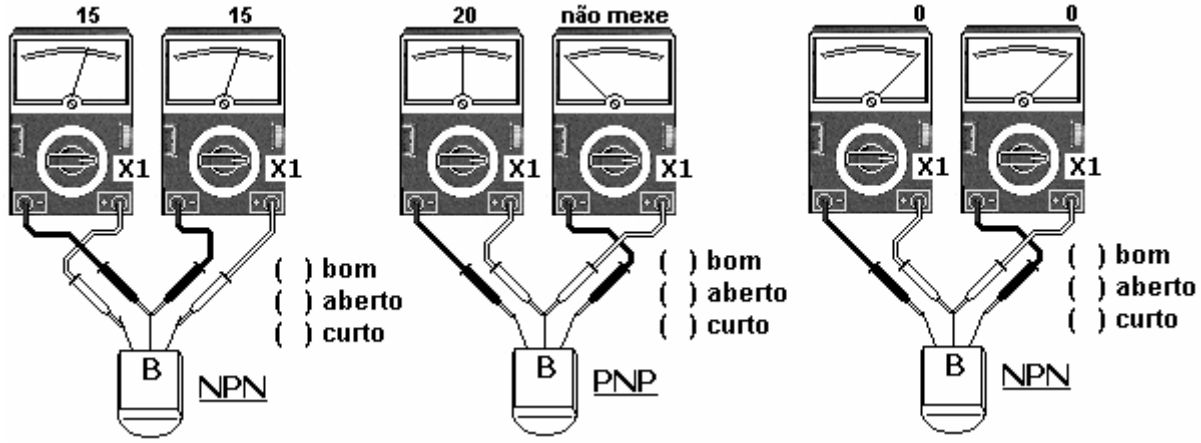
e - <u>Teste de transistor</u> – Veja abaixo como é feito o teste em X1. Na página seguinte teremos a explicação detalhada:



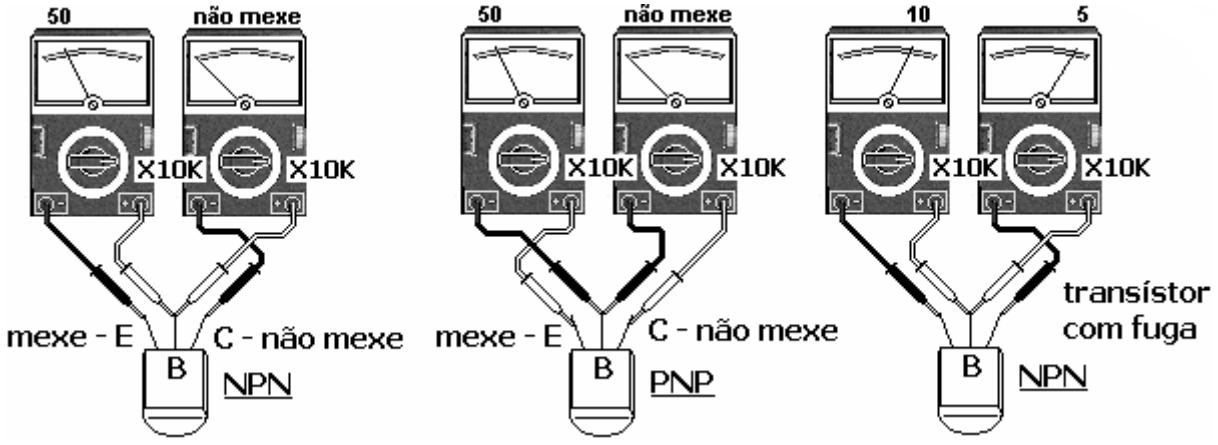
Procurar um terminal que conduz igual com os outros dois. Este é a **base**. Verificar com qual das pontas na base o ponteiro deflexiona. Se for com a **ponta preta**, o transistor é **NPN**. Se for com a **vermelha** na base, o transistor é **PNP.** Com o mitter digital a posição das ponteiras é ao contrário.
Importante: O ponteiro só deve mexer com uma das pontas na base. Se mexer com as duas pontas na base, o transistor está em **curto**. Se não mexer com nenhuma, o transistor está **aberto**.

Exercício 18

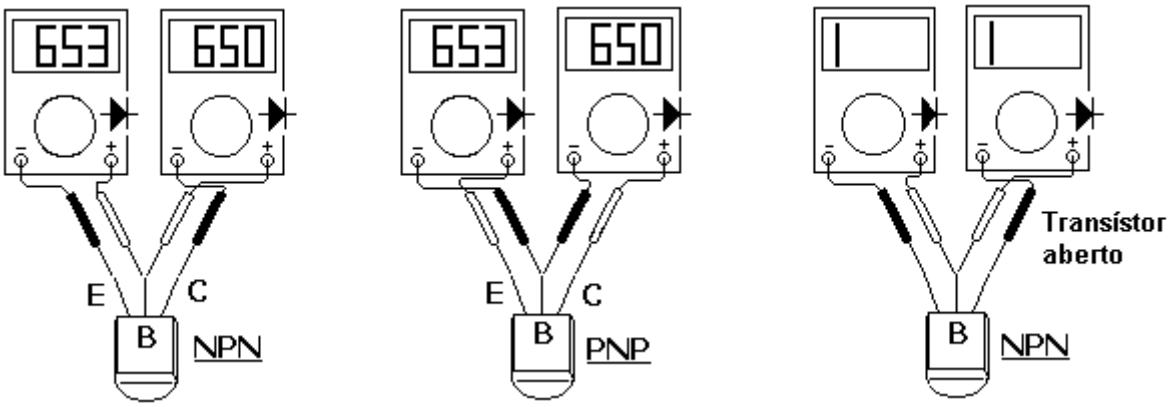
Indique o estado dos transistores testados abaixo:



f - Como achar o coletor e o emissor de um transistor – Em X10K, coloque a ponta "invertida" na base e a outra ponta em cada terminal restante. Aquele terminal que o ponteiro mexer é o **emissor**. Se o ponteiro mexer nos dois terminais, o transistor está **com fuga ou em curto**. Abaixo temos o teste:



g – Como testar um transistor com o multímetro digital – Usar a escala com o símbolo do diodo. Colocar a ponta **vermelha (se for NPN) ou preta (se for PNP)** na base e a outra ponta nos terminais restantes. Ele deve indicar aproximadamente a mesma resistência nos dois terminais, sendo que o emissor dará maior resistência que o coletor. Na página seguinte vemos como deve ser testado um transistor com este tipo de multímetro.



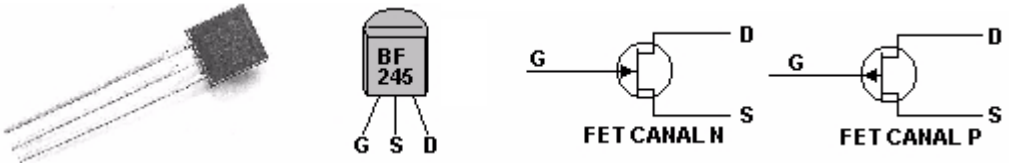
h – <u>Sistemas de identificação dos transistores</u> - Os sistema mais usados no mundo são: **Europeu, americano e japonês**. Veja abaixo:

<u>Sistema europeu</u> – Começa com letras. Se a 1ª letra for **A**, a peça é de germânio e se for **B**, é de silício. A 2ª letra indica o tipo e a função da peça da seguinte forma: **A = diodo, B = diodo varicap, C = transistor de baixa freqüência e baixa potência, D = transistor de baixa freqüência e média potência, E = diodo túnel, F = transistor de alta freqüência e baixa potência, L = transistor de alta freqüência e alta potência, M = elemento hall (magnético), N = foto acoplador, P = elemento sensível a radiação, S = transistor de alta potencia para comutação, U = transistor de alta potência para chaveamento, Y = diodo retificador, Z = diodo zener.**

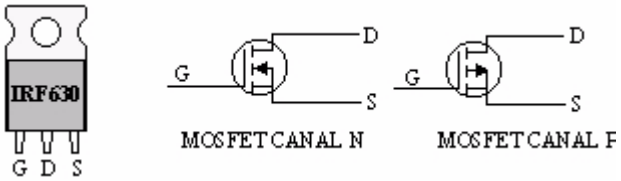
<u>Sistema americano</u> – Pode começar com **1N** se for diodo ou **2N** se for transistor.

<u>Sistema japonês</u> - Pode começar com **1S** se for diodo ou **2S** se for transistor. Geralmente este prefixo não vem no corpo. Apenas uma letra seguida de um número. Se aparecerem as letras **A** ou **B,** será **PNP**. Se for **C** ou **D**, será **NPN.** Ex: 2SC1815 é NPN.

i - <u>Transistor de efeito de campo (FET)</u> – Possui os três terminais com nomes diferentes dos transistores comuns: **dreno, source e gate**. O dreno trabalha com a tensão mais alta e o source com a mais baixa. Aplicando uma tensão média no gate, ele cria um campo eletrostático que controla a corrente dentro do componente. Ele é muito parecido com um transistor comum, porém seu consumo é menor e sua impedância de entrada é bem mais alta. Veja abaixo:



j - <u>MOSFET</u> – É um FET com o terminal do gate isolado dos outros dois por uma fina camada de óxido de silício. Esta camada é sensível a estática. Os MOSFETs de potência são usado como chaveadores de fontes de alimentação devido ao seu consumo reduzido e alta impedância de entrada. Veja ao lado:
O código dos MOSFETs pode começar com **IRF**, **2SK**, **BUZ**, etc.



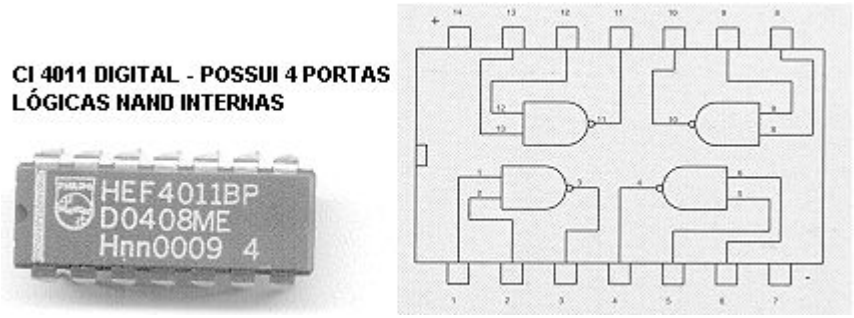
Aula 5 – CIs, bobinas, transformadores e fonte de alimentação

1 – Circuito Integrado (CI ou IC)

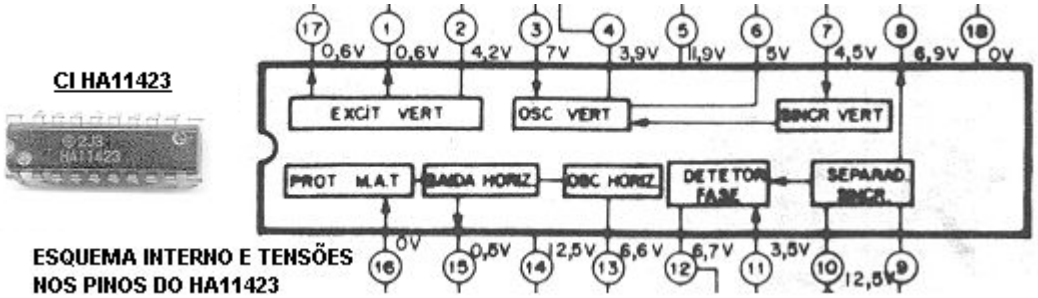
É um circuito eletrônico (ou vários circuitos) dentro de uma única pastilha de silício. É o principal responsável pela miniaturização dos circuitos eletrônicos. Dentro de um CI tem normalmente transistores, diodos e resistores ou até outros componentes como filtros de cerâmica. Abaixo temos alguns exemplos:

Um CI pode conter desde poucos até milhões de componentes internos.

a – CIs digitais - São encontrados em relógios, calculadoras, microcomputadores, balanças eletrônicas, ou seja em todos os equipamentos que manipulam dados digitais chamados "bits". Os transistores internos funcionam como "chavinhas" liga/desliga. Alguns tipos tem transistores bipolares dentro, sendo chamados de CIs TTL. Outros possuem transistores MOSFET, sendo chamados de CMOS. Estes últimos são sensíveis à eletricidade estática. Durante o transporte ele deve estar numa embalagem ou espuma antiestática e nunca deve ser tocado diretamente nos seus terminais. Geralmente os TTL começam com 74 e os CMOS com 40. Estes CIs funcionam como portas lógicas, flip-flops, multiplexadores e contadores. Outros funcionam como microcontroladores, memórias, etc. Veja abaixo um exemplo:



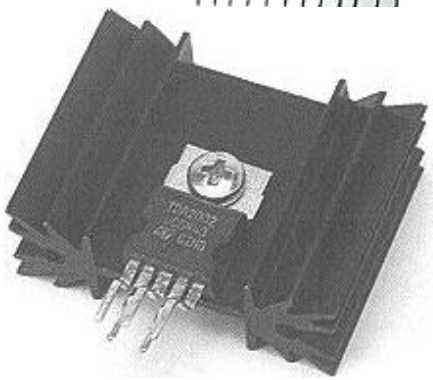
b – CIs analógicos - São usados em rádios, televisores, amplificadores, etc. Possuem internamente transistores (bipolares ou MOSFETs) funcionando como amplificadores osciladores ou reguladores de tensão. Veja um exemplo abaixo:

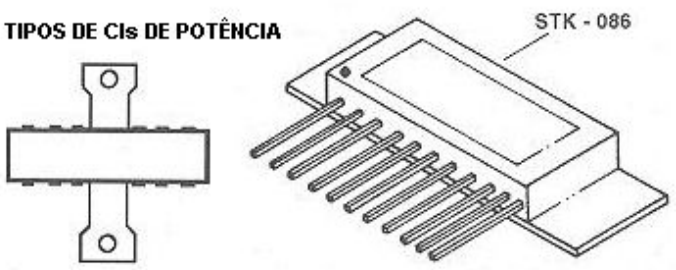


Atualmente os CIs são usados em praticamente todos os equipamentos eletrônicos. Isto se deve ao seu tamanho reduzido e um menor consumo de energia que componentes discretos (fora do CI). Basicamente eles podem funcionar como **amplificadores, osciladores, chaveadores e reguladores de tensão**.

c – <u>Contagem dos pinos de um CI</u>

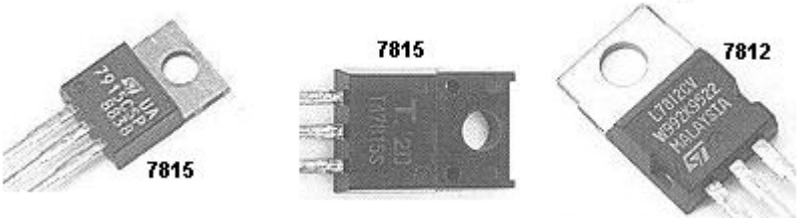
c.1 – CI com uma fileira de pinos – Da esquerda para a direita, com o código para frente;
c.2 – CI com duas fileiras de pinos – No sentido anti-horário a partir da direita da "meia lua" ou a partir do pino marcado com um ponto;
c.2 – CI com quatro fileiras de pinos – No sentido anti-horário a partir do pino marcado com um ponto. Veja abaixo:





d – <u>CIs de potência</u> - São aqueles projetados para trabalharem com grande consumo de energia. Possuem uma aba metálica para dissipar o calor, assim como nos transistores de potência. Podem ser usados como saídas de áudio, reguladores de tensão, saída vertical de TV, etc. Abaixo temos alguns exemplos destes tipos:

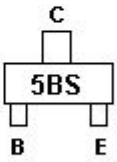
e – <u>CIs reguladores de tensão</u> - São usados para estabilizar uma tensão contínua (+B) para alimentar um determinado circuito. Recebem uma tensão mais alta e fornecem uma tensão mais baixa, porém constante. Temos os da série 78 (positivos), os da série 79 (negativos) e o LM 317 (regulador com tensão ajustável). Exemplo: 7805 é para 5 V, 7806 é para 6 V e assim por diante, sempre os dois últimos números indicam a tensão de saída da peça. Ao lado vemos estes componentes:



2 – <u>Semicondutores SMD</u>

Os semicondutores compreendem os transistores, diodos e CIs colocados e soldados ao lado das trilhas. Os transistores podem vir com 3 ou 4 terminais, porém a posição destes terminais varia de acordo com o código. Tal código vem marcado no corpo por uma letra, número ou seqüência deles, porém que não corresponde à indicação do mesmo. Por ex. o transistor BC808 vem com indicação 5BS no corpo. Nos diodos a cor do catodo indica o seu código, sendo que alguns deles têm o encapsulamento de 3 terminais igual a um transistor. Os CIs têm 2 ou 4 fileiras de terminais. Quando tem 2 fileiras, a contagem começa pelo pino marcado por uma pinta ou à direita de uma "meia lua". Quando têm 4 fileiras, o 1° pino fica abaixo à esquerda do código. Os demais pinos são contados em sentido anti-horário. Veja abaixo alguns exemplos de semicondutores SMD:

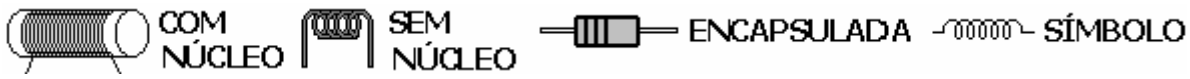
DIODO BA512
A COR DO CATODO
INDICA O CÓGIGO



TRANSISTOR BC807
EQUIVALENTE SMD
DO BC327

3 – <u>Bobinas ou indutores</u>

É um componente formado por um fio enrolado em voltas (espiras). Quando a corrente circula pelo fio da bobina, ela cria um campo magnético.



O campo magnético produzido pela bobina pode ser contínuo (igual ao de um imã) ou alternado de acordo com a corrente que passa por ela. No caso da C.A. o campo alternado induz uma tensão na bobina que dificulta a passagem da corrente. É por isto que **as bobinas dificultam a passagem da corrente alternada**.

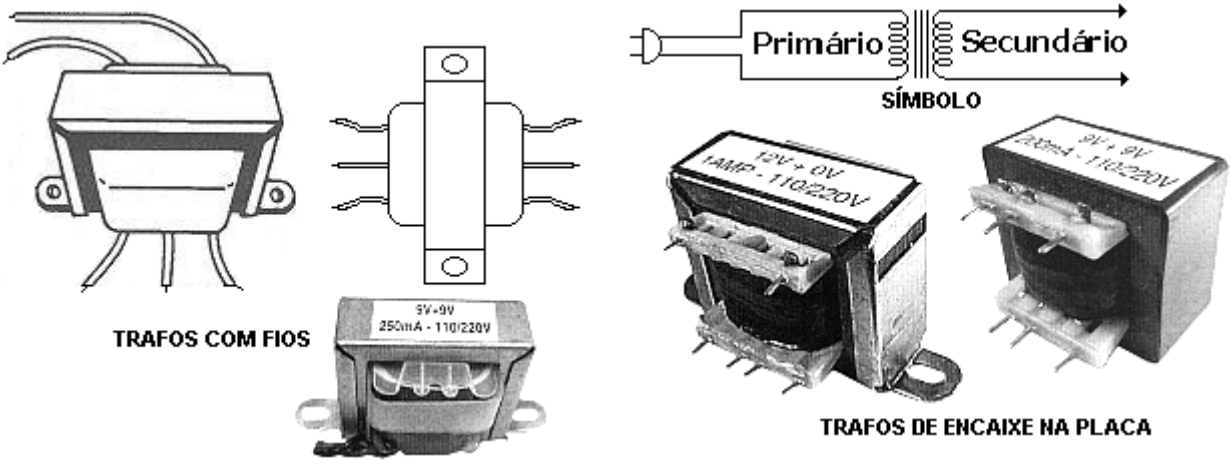
Indutância – É a propriedade das bobinas em criar o campo magnético e se opor a C.A. Depende da quantidade de espiras que a bobina tem. As bobinas pequenas são medidas em **microhenrys (µH)** e as grandes em **Henrys (H)**.

<u>Exercício 19</u>

Relacione os componentes com as suas unidades de medida:

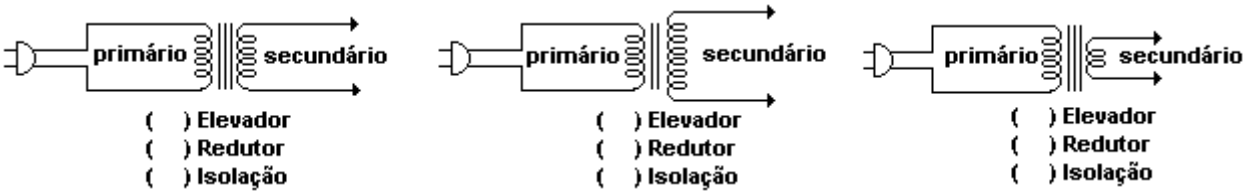
(A) Capacitor	( ) Henry (H), milihenry (mH) ou microhenry (µH)
(B) Resistor	( ) Microfarad (µF), nanofarad (nF) ou picofarad (pF)
(C) Bobina	( ) Ohm (Ω), Kiloohm (KΩ) ou Megaohm (MΩ)

4 - <u>Transformador (trafo)</u> - Como vemos abaixo, o transformador é formado por duas bobinas próximas, porém isoladas. Aplicando tensão alternada no **primário** o trafo cria um campo magnético alternado e induz uma tensão alternada no **secundário**, podendo ser maior, igual ou menor que a do primário:
Os transformadores que tem o primário igual ao secundário são de **isolação**, os de secundário menor são **redutores** e os de secundário maior são **elevadores**.

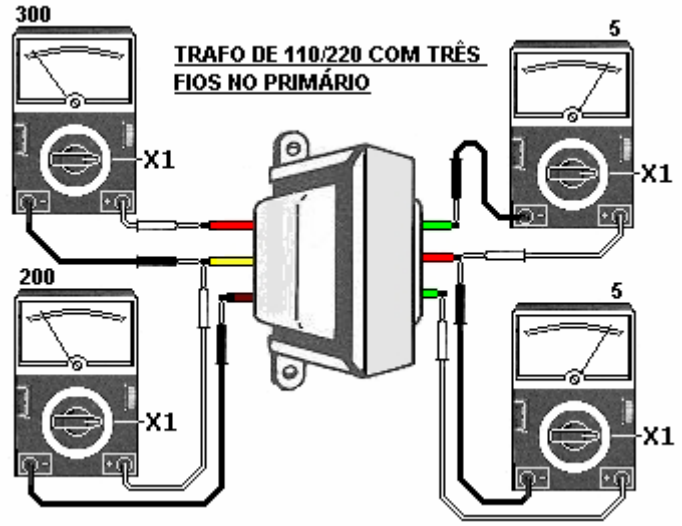


Exercício 20

Indique o nome para cada transformador abaixo:

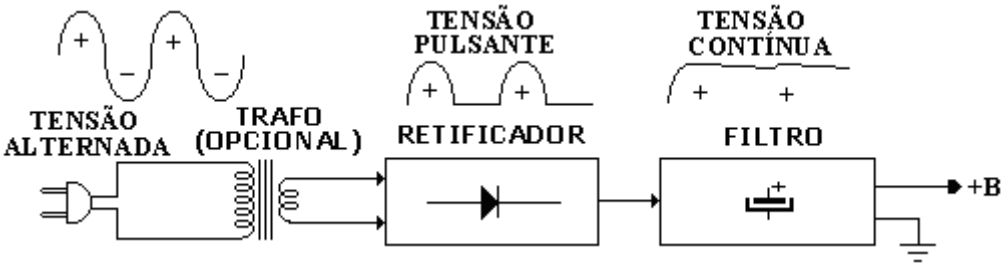


Teste de transformador – Na escala de X1 ou X10, medir os terminais aos pares ou aos grupos. Nos transformadores redutores, o primário tem muito maior resistência que o secundário. Abaixo vemos como é feito este teste num modelo de trafo:



5 – <u>Fonte de alimentação</u>

Como vemos abaixo a fonte de alimentação transforma a tensão alternada da rede em tensão contínua para alimentar os circuitos eletrônicos.



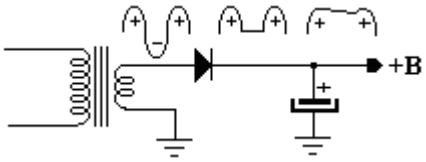
Retificador - Transforma tensão alternada em pulsante. É formado por diodos podendo ser 1, 2 ou 4.

Filtro - Transforma a tensão pulsante em contínua. É formado por capacitores eletrolíticos acima de 100 µF. Abaixo vemos o aspecto físico destes componentes:

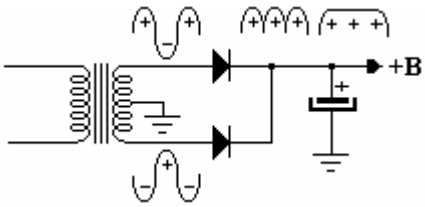
<u>Exercício 21</u>

Marque a sequência correta de componentes numa fonte de alimentação:

( ) Trafo – capacitor – diodo
( ) Diodo – trafo – capacitor
( ) Trafo – diodo – capacitor

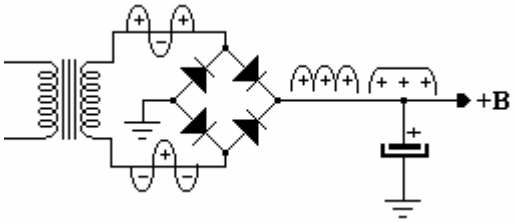


a – <u>Fonte de meia onda</u> - Possui um único diodo retificador que aproveita apenas metade da C.A. Veja ao lado:

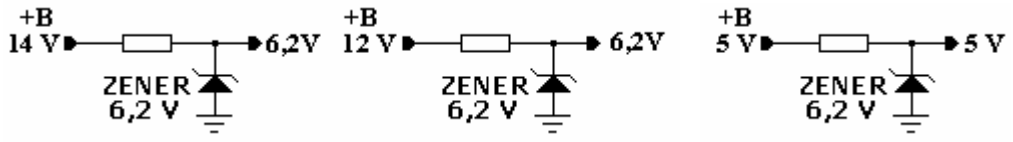


b – <u>Fonte de onda completa</u> - Possui dois diodos ligados num trafo com tomada central no secundário. Aproveitam todo o ciclo da C.A. Fornece um +B melhor que o da fonte de meia onda. Veja ao lado este tipo de fonte:

c - <u>Fonte de onda completa em ponte</u> - Possui quatro diodos ligados em ponte que aproveitam todo o ciclo da C.A. Este tipo de circuito não necessita de transformador com tomada central. Veja ao lado:

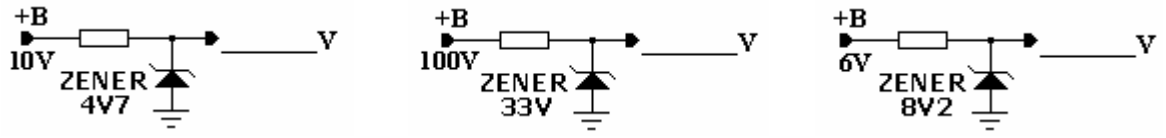


d – <u>Diodo zener</u> – Como já vimos ele conduz corrente no sentido inverso quando aplicamos tensão igual ou maior que a indicada no corpo dele. Quando ele conduz, mantém a tensão fixa nos seus terminais como observamos abaixo:

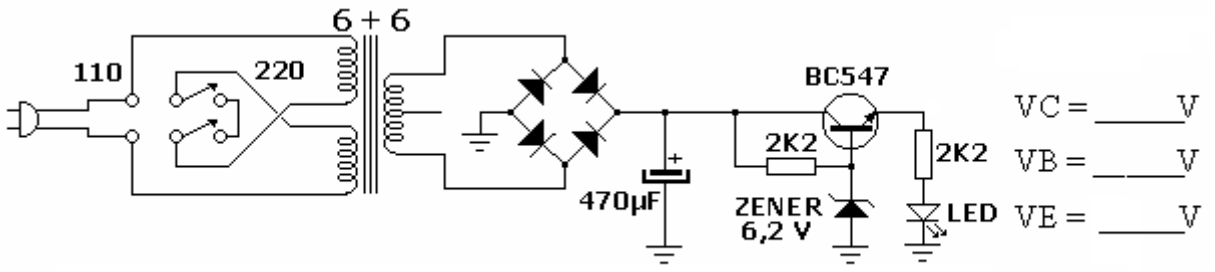


<u>Exercício 21</u>

Indique o valor da tensão no catodo dos diodos zeners dos circuitos abaixo:

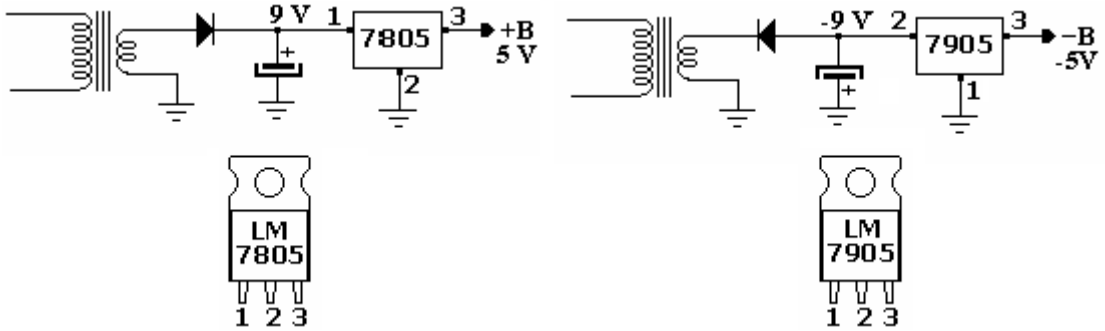


e - <u>Fonte de alimentação estabilizada</u> - Fornece uma tensão constante independente das variações da rede. Possui um transistor chamado **regulador de tensão**. A base do transistor é mantida estável através de um diodo zener. Este transistor fornece a tensão e a corrente para alimentar o circuito. Veja um exemplo abaixo e indique a tensão em cada terminal do transistor regulador:

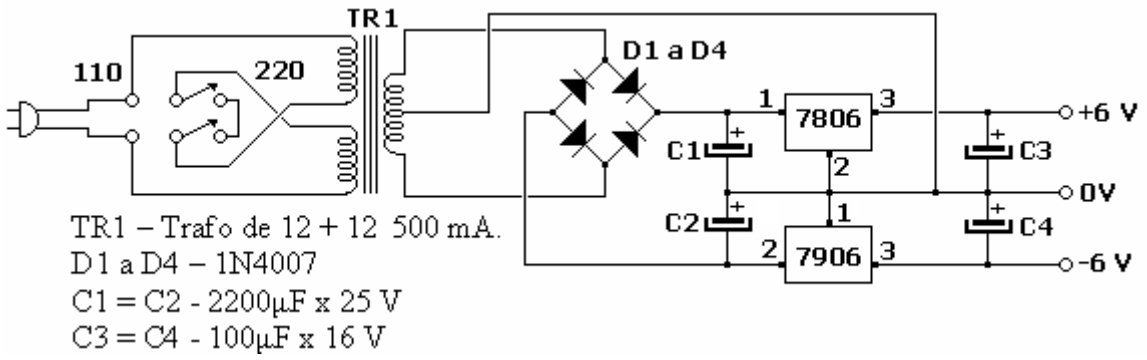


A TENSÃO NO COLETOR É A DO SECUNDÁRIO DO TRAFO MULTIPLICADA POR 1,4.

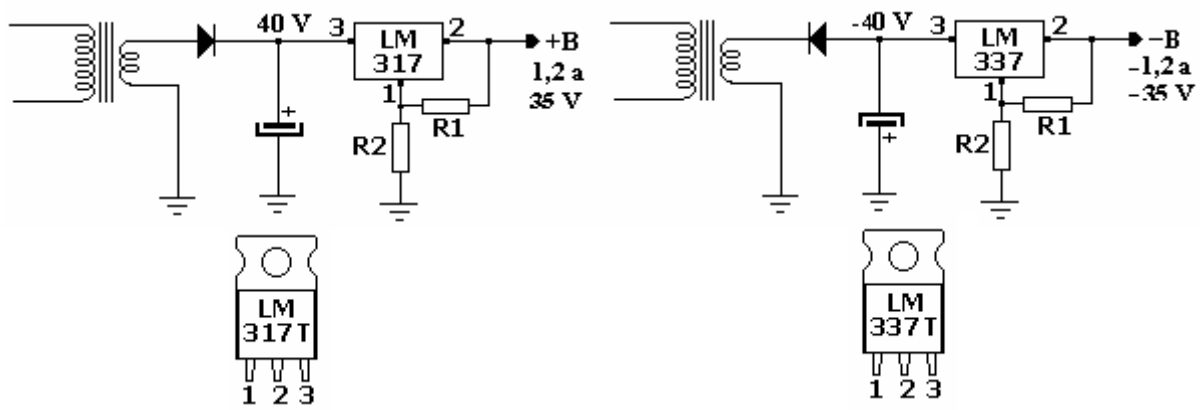
f - <u>Fontes com CIs da série 78 e 79</u> – Como podemos ver abaixo estes CIs fornecem uma tensão estabilizada positiva (os da série 78) ou negativa (série 79). A tensão de saída é indicada pelos dois últimos números no seu corpo. A tensão de entrada pode ser até o dobro da tensão de saída. Veja abaixo:



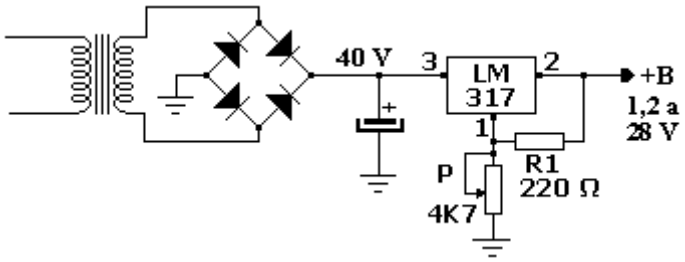
g - <u>Fonte simétrica usando os CIS 78 e 79</u> – No circuito na página seguinte vai uma pequena sugestão de uma fonte que pode alimentar um circuito que consuma até 0,5 A (rádios e gravadores). Usando as extremidades da fonte obtemos 12 V. Usando o fio central e uma extremidade obtemos 6 V.



h - <u>Fonte estabilizada usando o CI LM317</u> – Como vemos abaixo, o LM317 é um CI regulador, cuja tensão de saída pode ser ajustada entre 1,25 V até cerca de 37 V. O ajuste é feito no terminal 1 dele. Também temos o LM337 para tensão negativa.



A tensão mínima de saída é 1,25 V se o pino 1 do CI for ligado ao terra. O valor máximo da saída é determinado pelo cálculo: (R2/R1 + 1) x 1,25. Quanto maior o valor de R2, maior a tensão máxima da fonte até 35V. Este CI pode suportar até 1,5 A de corrente máxima.

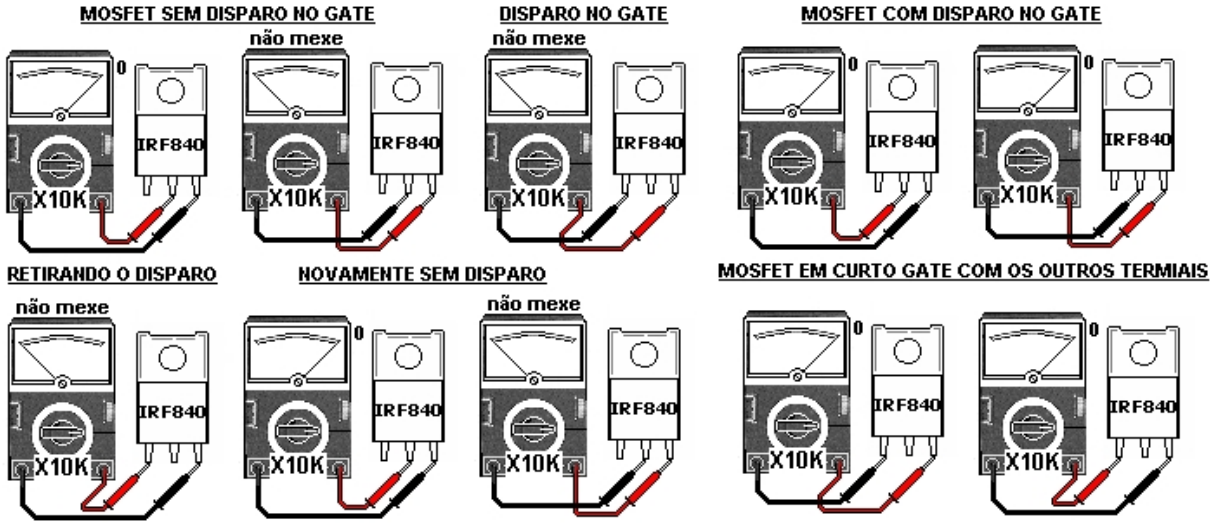


Como vemos ao lado, colocando um trimpot no lugar de R2 no exemplo anterior, podemos ajustar a tensão máxima de saída da fonte.

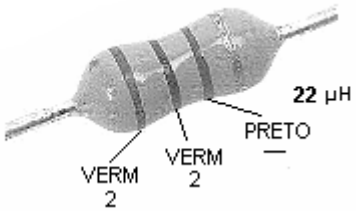
Com o trimpot na posição de baixo, a tensão de saída será cerca de 1,2 V. Na posição de cima basta aplicar o pequeno cálculo para sabermos a tensão máxima de saída: 4700/ 220 = 21,36. 21,36 + 1 = 22,36. 22,36 x 1,25 = 28. Portanto a máxima tensão que sai é 28 V. Para este CI trabalhar corretamente, deve ser montado num dissipado de calor apropriado.

Aula 6 – Outros componentes

1 – <u>Como testar um transistor MOSFET</u> - Coloque o multitester em X10K, meça o gate com os demais terminais e o ponteiro não deverá mexer. Se mexer, o transistor estará em curto. Meça o dreno e o source nos dois sentidos. Se o MOSFET estiver disparado o ponteiro mexerá nos dois sentidos. Se não estiver disparado, o ponteiro só mexerá num sentido. Com a ponta preta no gate e a vermelha no source, o MOSFET dispára. Invertendo as pontas o MOSFET desliga. Veja o teste abaixo:



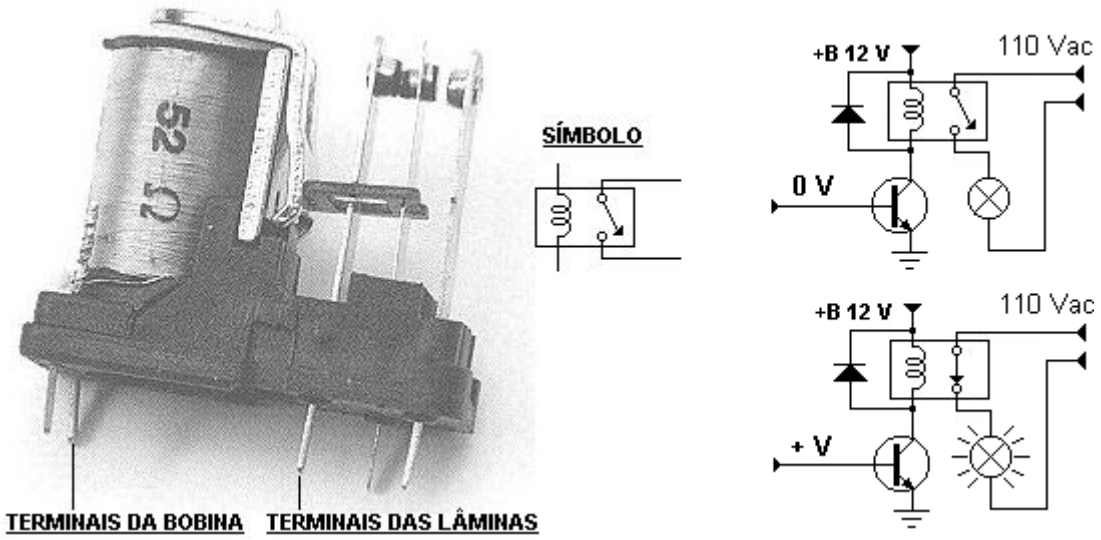
2 – <u>Bobinas e capacitores parecidos com resistores</u> – Nos aparelhos modernos temos bobinas e capacitores parecidos com resistores. O código de cores é o mesmo e a leitura é igual a dos resistores. A bobina é indicada em microhenrys (µH) e o capacitor é indicado em pF. Veja abaixo:



<u>Exercício 22</u>

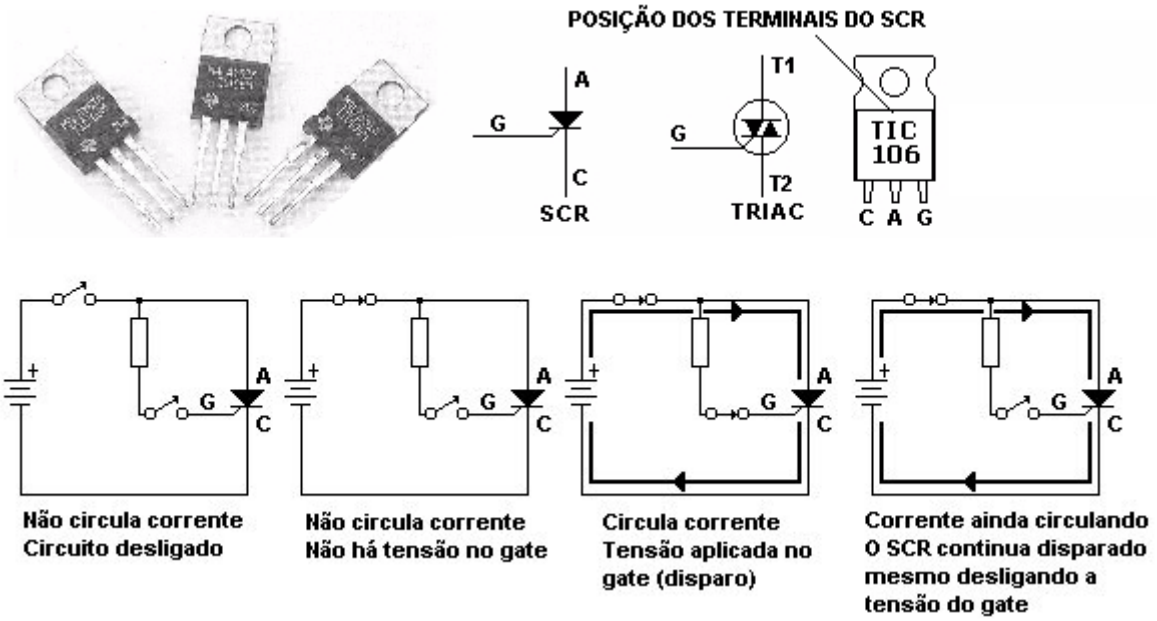
Indique abaixo o valor para cada bobina representada pelas figuras:

3 – <u>Relê</u> - É um tipo de chave formada por lâminas (duas ou mais) acionadas pelo campo magnético de uma bobina próxima. São usados para ligar ou desligar circuitos de potência mais alta a partir de uma tensão e corrente baixa. Abaixo vemos a estrutura interna e o princípio de fncionamento:

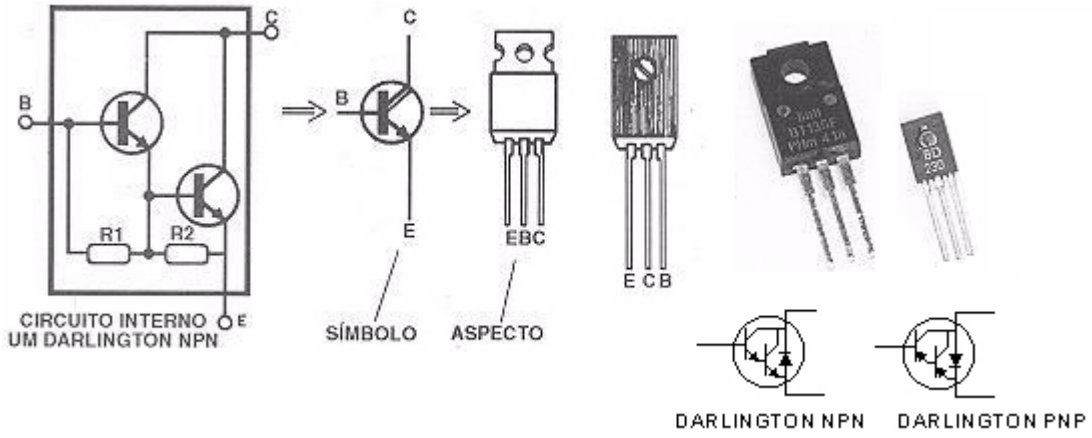


Como podemos observar, o relê está sendo usado para ligar e desligar uma lâmpada de 110 V a partir de uma tensão de 12 V aplicada em sua bobina. O transistor chaveia a bobina. Se ele não recebe tensão na base, não conduz e a chave do relê permanece desligada. Se ele recebe tensão na base, conduz e aciona a bobina do relê que por sua vez acende a lâmpada. Os relês são indicados pela tensão e corrente em sua bobina. O diodo em paralelo serve para eliminara tensão induzida na bobina quando o relê desliga. Tal tensão poderia queimar o transistor.

4 – <u>Tiristores</u> – São diodos especiais com três terminais: **anodo**, **catodo** e **gate**. Devem ser polarizado da seguinte forma: Tensão mais alta no anodo e mais baixa no catodo. Para ele poder conduzir, precisa de um pulso no gate. Quando ele inicia a condução só pára quando desligamos a alimentação. Existem dois tipos de tiristor: **SCR** para corrente contínua e **TRIAC** para alternada. Veja abaixo:

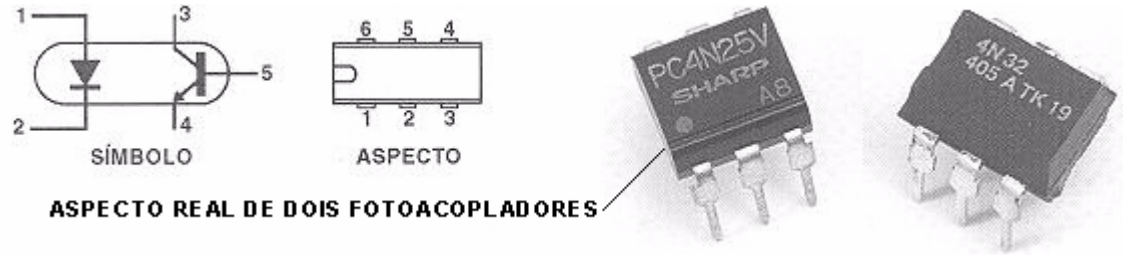


5 – <u>Transistor "Darlington"</u> - São dois transistores e alguns outros componentes dentro de uma única peça. É usado em amplificadores de alta potência. Desta forma os transistores internos dividem a corrente e não superaquecem. Dois transistores externos podem ser ligados para formar um "darlington". Veja abaixo:

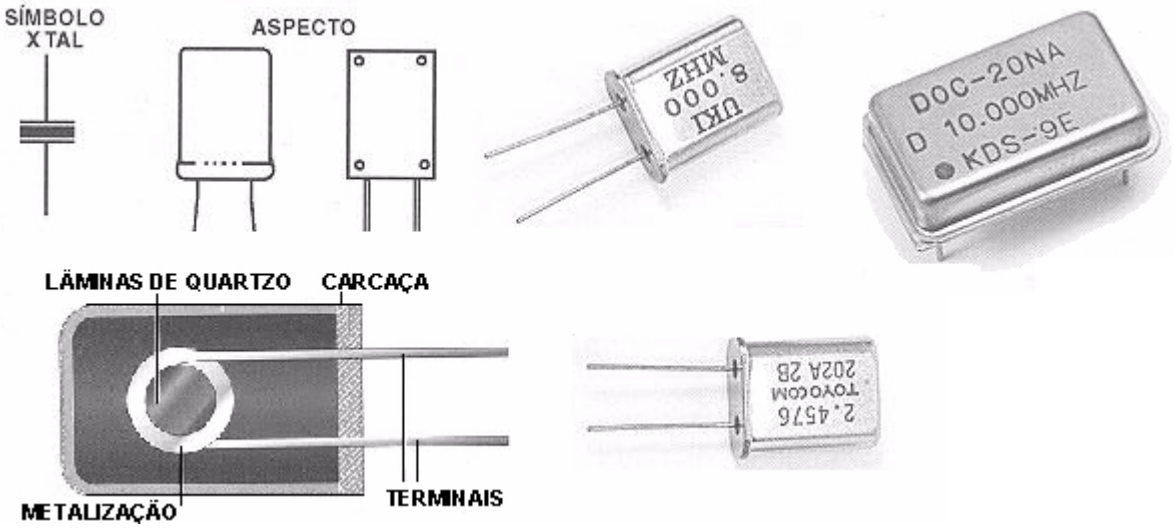


No teste em X1 de um "darlington", a resistência entre base e emissor deve ser o dobro da resistência entre base e coletor.

6 – <u>Fotoacoplador</u> - Também chamado de acoplador ótico, é formado por um LED e um fototransístor numa única peça. É um CI de 4 ou 6 terminais. No circuito, ele transfere uma informação de um ponto a outro sem contato elétrico entre eles.



7 - <u>Cristais osciladores</u> – Têm internamente duas lâminas de cristal de quartzo que vibram com velocidade constante quando aplicamos uma tensão elétrica nos terminais. São usados em osciladores que devem trabalhar sempre numa freqüência constante. Tal freqüência vem marcada no corpo do cristal. Veja abaixo:



Teste final do treinamento de eletrônica básica – Parte teórica

Abaixo temos uma relação de componentes e suas funções nos circuitos. Coloque a letra do componente nos parênteses correspondente à sua função:

(R) Resistor
(C) Capacitor
(D) Diodo
(L) Bobina
(T) Transformador
(Q) Transistor
(Z) Diodo zener
(B) LED
(X) Cristal
(U) Circuito integrado

( ) Funciona como amplificador ou chave;
( ) Controla a freqüência dos osciladores de precisão;
( ) Deixa passar C.A. e bloqueia a C.C.;
( ) Pode ter poucos ou muitos componentes internos;
( ) Acende quando polarizado diretamente;
( ) Só deixa a corrente passar num sentido;
( ) Conduz no sentido inverso e estabiliza a tensão nos seus terminais;
( ) Aumenta ou diminui uma tensão alternada, sendo formado por duas bobinas;
( ) Diminui a tensão nos circuitos;
( ) Dificulta a passagem da C.A.

Teste final do treinamento de eletrônica básica – Parte prática

1. Indique o valor dos resistores abaixo:

Marrom – Verde – Vermelho = _____;

Cinza – Vermelho – Preto = _____;

Vermelho – Vermelho – Ouro = _____;

2. Dois resistores de 22 Ω foram ligados em série e em paralelo. Qual é o total:

Em série = _____

Em paralelo = _____

3. Testamos um resistor de 100 Ω no multímetro digital e deu 103 Ω. Ele está:

(a) Bom (b) Alterado (c) Aberto

4. Um transistor NPN deve ser polarizado com:

(a) Tensão maior no emissor, média na base e menor no coletor
(b) Tensão maior na base, média no coletor e menor no emissor
(c) Tensão maior no coletor, média na base e menor no emissor

5. Testando um transistor em X1 entre B e C medimos 10 Ω e entre B e E 0 Ω:

(a) Ele está bom (b) Ele está em curto (c) Ele está aberto

6. Ao testarmos um diodo fora do circuito em X10K nos dois sentidos:

(a) O ponteiro deve mexer nos dois sentidos
(b) O ponteiro deve mexer num sentido só
(c) O ponteiro não deve mexer em nenhum sentido

7. Testando um capacitor comum em X10K o multímetro indicou 50 K. Ele está:

(a) Em curto (b) Aberto (c) Bom

8. Um CI marcado KA7812 deve fornecer:

(a) 12 V (b) 78 V (c) -12 V

9. Assinale a alternativa correta a respeito do transistor MOSFET:

(a) O dreno não conduz com nenhum outro terminal
(b) O gate não conduz com nenhum outro terminal
(c) O source não conduz com nenhum outro terminal

10. Marque a seqüência correta de componentes numa fonte de alimentação:

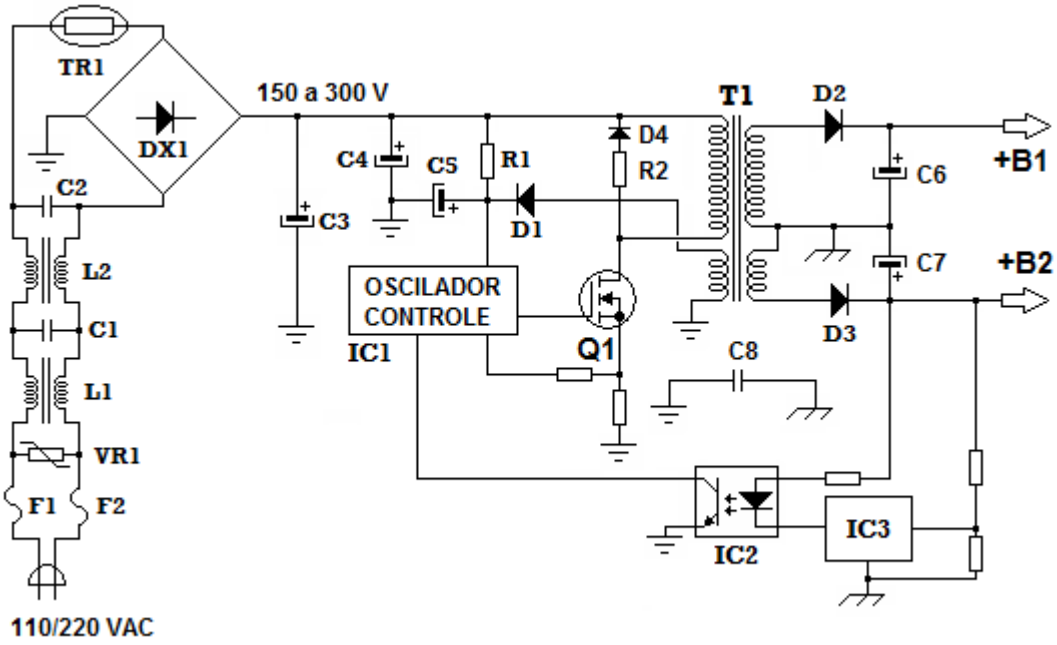
(a) Trafo – Capacitor – Diodo
(b) Trafo – Diodo – Capacitor
(c) Diodo – Trafo - Capacitor

FONTES CHAVEADAS

Fonte chaveada ou SMPS ("Switch Mode Power Supply") é uma fonte com pelo menos um componente (transistor comum ou mosfet) funcionando como chave para entregar a quantidade necessária de energia a uma carga com o mínimo de desperdício em forma de calor. Existem algumas variações de fontes chaveadas. Vamos ver a seguir:

1. Fonte chaveada em paralelo ou tipo "flyback"

Esta é a mais usada na entrada de rede pelos equipamentos eletrônicos. Ela transforma a tensão contínua de má qualidade (com variações da rede) entregue pelo capacitor de filtro principal em tensão alternada de alta frequência (dezenas ou centenas de KHz) para chavear um transformador de ferrite chamado **chopper**. No secundário (ou secundários) dele a tensão alternada é retificada por diodos de comutação rápida (Schottky) e filtrada por eletrolíticos resultando assim em tensões contínuas de excelente qualidade para alimentar os circuitos. Na fonte em paralelo abaixo vamos nomear os componentes principais:



F1 e F2 = _____

L1, L2, C1 e C2 = _____

VR1 = _____

TR1 = _____

DX1 = _____

C3 e C4 = _____

IC1 = _____

Q1 = _____

T1 = _____

R1 = _____

D1 e C5 = _____

D2, D3, C6 e C7 = _____

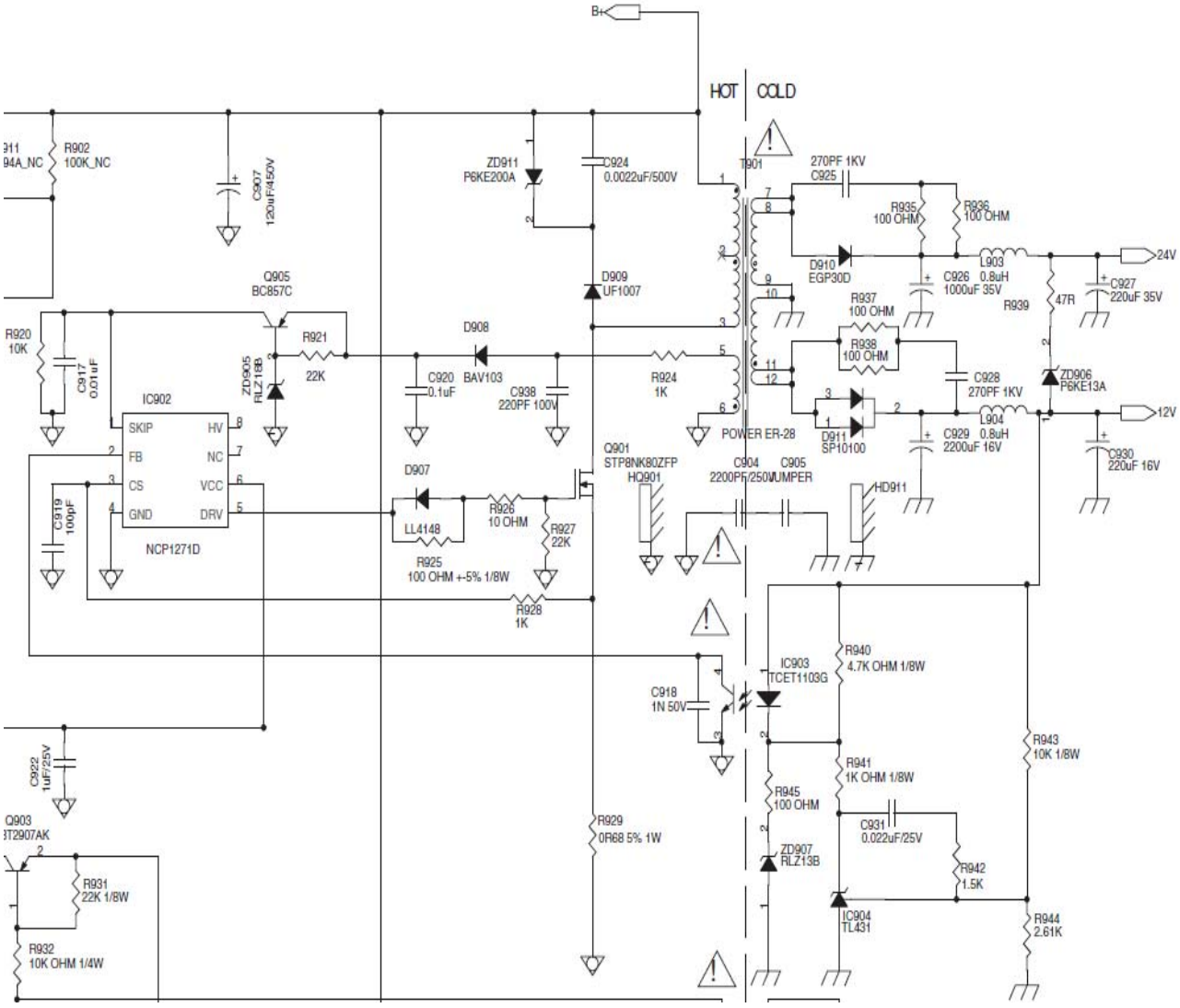
IC3 = _____

IC2 = _____

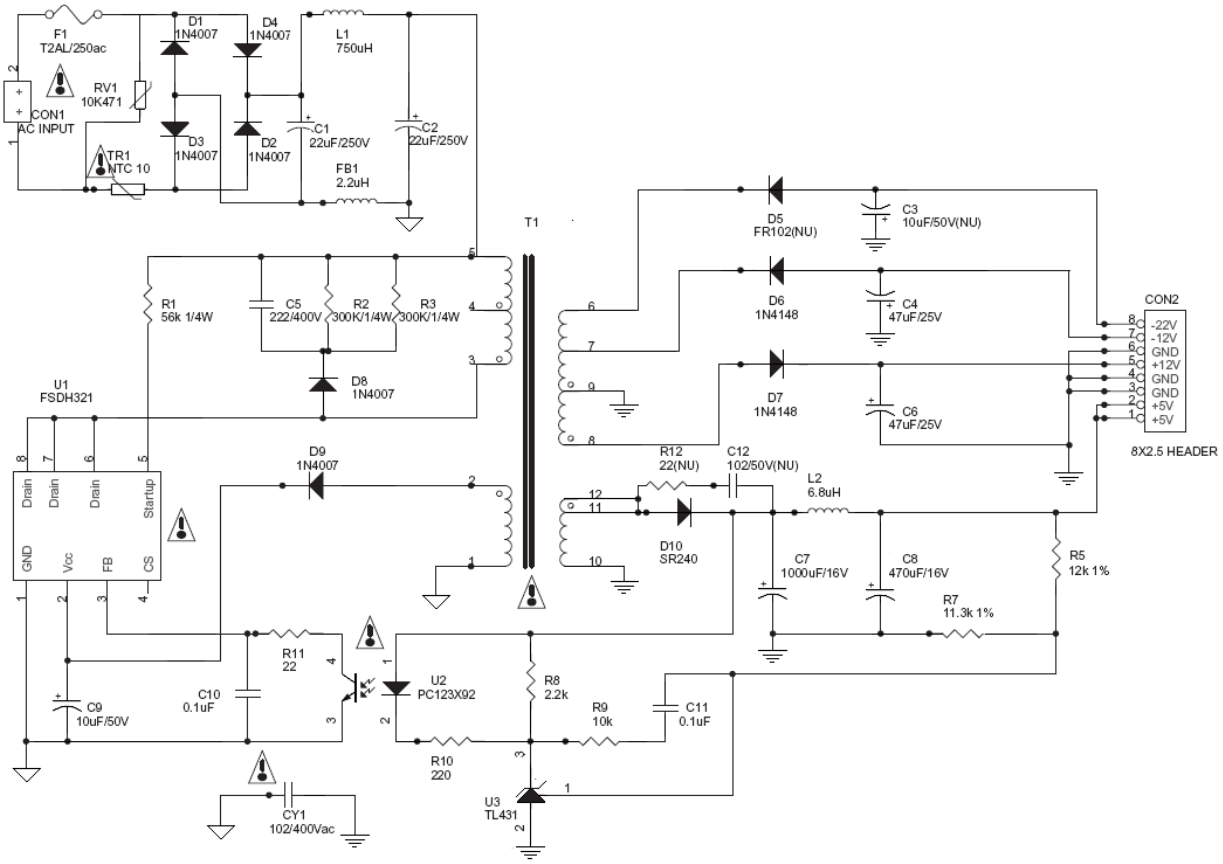
C8 = _____

D4 e R2 = _____

Abaixo temos o exemplo de uma fonte tipo flyback usada numa TV LCD Philips:



As fontes usadas para alimentar circuitos de menor consumo de corrente podem usar o mosfet chaveador e o CI oscilador de PWM e controlador da fonte dentro de uma única peça. Temos o exemplo dos DVD players e alguns televisores comuns ou LCD com um CI na fonte funcionando como oscilador e chaveador. Dependendo do consumo do circuito a ser alimentado tal CI pode ser parafusado num dissipador de calor. Veja a seguir uma fonte deste tipo.



Observe como o CI U1 possui o mosfet chaveador internamente. Os demais componentes são os mesmos encontrados em qualquer fonte chaveada tipo paralela ou flyback.

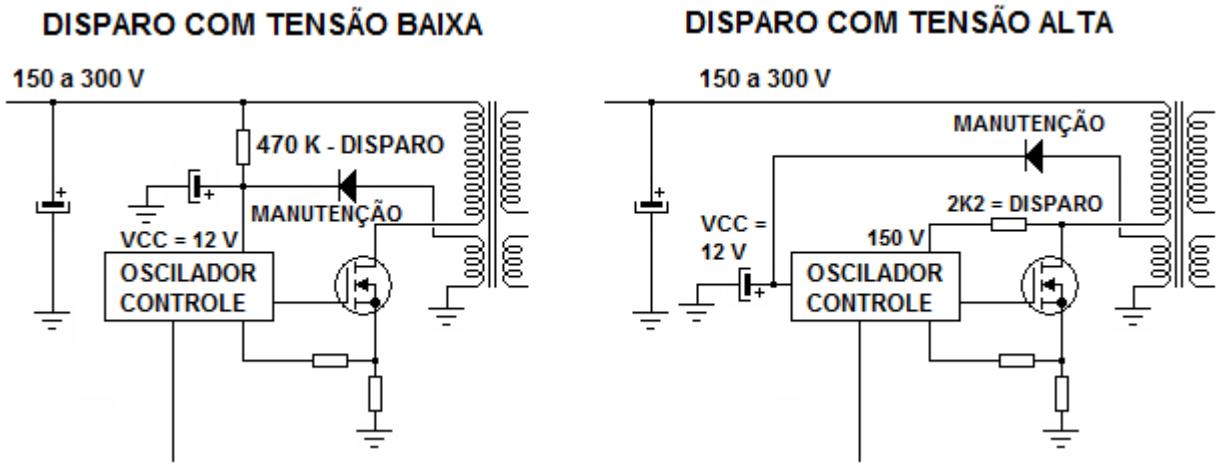
Roteiro para conserto de uma fonte paralela

- ✓ **Meça as tensões nas saídas da fonte (diodos ligados nos secundários do chopper) –** Devemos encontrar os valores nominais de saída da fonte sob teste;
- ✓ **Não há tensões nas saídas –** Desligando a carga (circuito alimentado pela fonte) e mesmo assim não aparece a tensão o defeito é mesmo na fonte. Se a tensão aparecer normalmente sem carga, o defeito é no circuito ao qual a fonte alimenta;
- ✓ **Meça a tensão no capacitor de filtro principal –** Devemos encontrar entre 150 e 300 V (dependendo se a rede é 110 ou 220 V lembrando que estas fontes chaveadas costumam ser bivolt automática);
- ✓ **Não há tensão no capacitor de filtro –** Neste caso teste os componentes da fonte comum tais como fusível, fusistor de entrada, filtro de rede, cabo AC, chave máster liga/desliga (se tiver), ponte retificadora e até o filtro;
- ✓ **Fusível ou fusistor queimado –** Antes da troca: teste a ponte retificadora. Se estiver boa, com um multímetro analógico em X1 coloque a ponta preta no positivo do maior capacitor e a vermelha no negativo dele. O ponteiro não deve mexer. Se isto ocorrer a fonte chaveada está em curto (mosfet chaveador). Neste caso além dele é bom trocar o CI e verificar o resistor ligado ao source dele;
- ✓ **Tem tensão normal no capacitor de filtro –** Veja se chega alimentação nos seguintes pontos: dreno do mosfet (150 a 300 V) e pino de +B do CI oscilador (12 a 150 V). Se não há tensão no dreno do mosfet, o defeito está no caminho dele ao positivo do capacitor de filtro principal incluindo o primário do transformador chopper;

- ✓ **Não chega +B ao CI da fonte –** Teste os resistores de disparo e o próprio CI se este não está em curto;
- ✓ **Chega +B no CI da fonte –** Teste os diodos retificadores das saídas da fonte. Se estiverem bons, teste os resistores e diodos ao redor do CI. Troque o capacitor de filtro do pino de +B e por último o próprio CI.

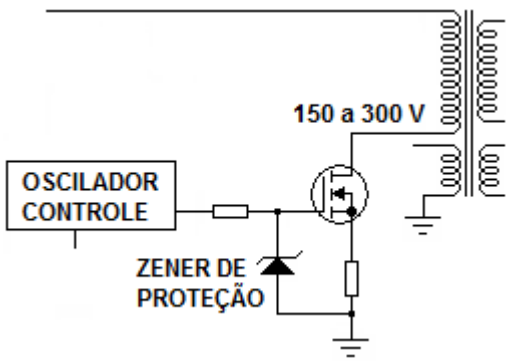
Partida e manutenção da fonte paralela

A partida (inicialização) da fonte é feita por um resistor (ou vários em série) de alguns ou centenas de KΩ. Tal resistor leva a tensão da ponte retificadora para um pino do CI e a partir daí a fonte inicializa. A manutenção é feita por uma tensão retificada do chopper e introduzida num pino do CI. A partida pode ser feita com tensão alta ou baixa dependendo de qual CI a fonte usa. No caso de partida com tensão alta um resistor de alguns KΩ alimenta um dos pinos do CI com cerca de 150 a 300 V. Isto gera uma corrente interna no CI e carrega um capacitor ligado em outro pino. Quando a carga deste chega a cerca de 12 V a fonte inicializa e um dos secundários do chopper fornece a tensão que manterá este capacitor carregado e a fonte em funcionamento. No caso da partida com tensão baixa um resistor de centenas de KΩ alimenta um dos pinos do CI com uma tensão entre 10 e 20 V. Daí a fonte inicializa e um secundário do chopper fornece uma tensão que mantém o CI alimentado. Veja abaixo os dois modelos de partida e manutenção:



As fontes com disparo por tensão alta proporcionam maior eficiência e menos desperdício de energia em forma de calor, sendo mais usadas nos aparelhos de baixo consumo como os DVD players e alguns televisores.

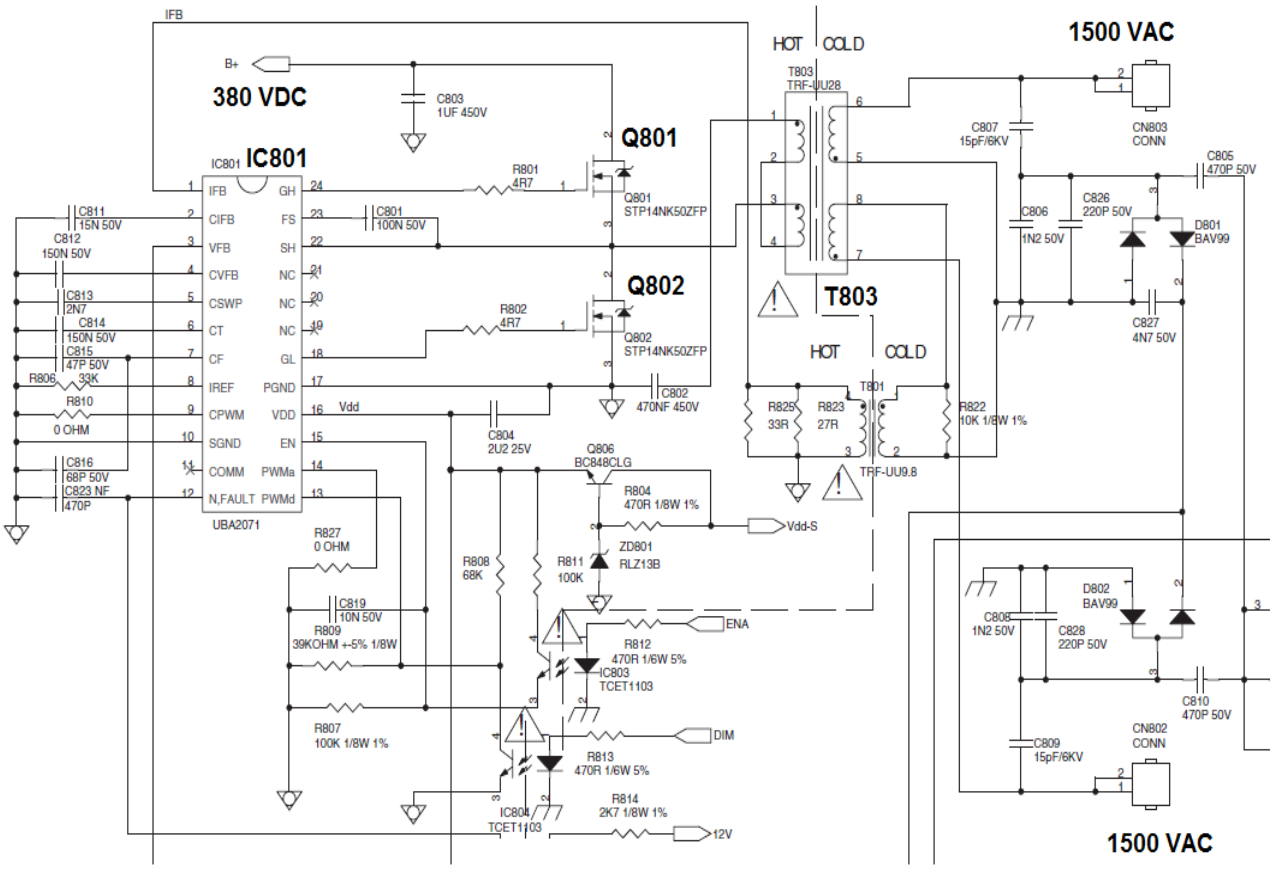
Proteção do CI em caso de curto no mosfet



Como observamos ao lado em algumas fontes há um zener normalmente de 15 a 18 V ligado entre o gate do mosfet e o terra. Se o mosfet entrar em curto (queimar) a tensão em seu dreno (150 a 300 V) pode passar para o gate e ir à direção do CI queimando-o também. Daí entra o zener. Neste caso ele entra em curto impedindo que este pico de tensão chegue ao CI. Neste caso se o mosfet estiver em curto devemos verificar também o CI antes da troca do transistor.

2. Fonte inverter

É uma fonte que transforma uma tensão contínua numa tensão alternada (geralmente mais alta). É usada, por exemplo, nos televisores e monitores LCD para acender as lâmpadas fluorescentes do backlight e por alguns fornos microondas da Panasonic para alimentar o magnetron. Na verdade o inverter é uma fonte chaveada em paralelo, porém extraímos a tensão alternada dela sem passar por circuitos retificadores e filtro. Veja abaixo um inverter usado numa TV LCD:



Vamos nomear alguns itens e termos deste esquema:

Q801 e 802 - _____

T803 - _____

IC801 - _____

IFB - _____

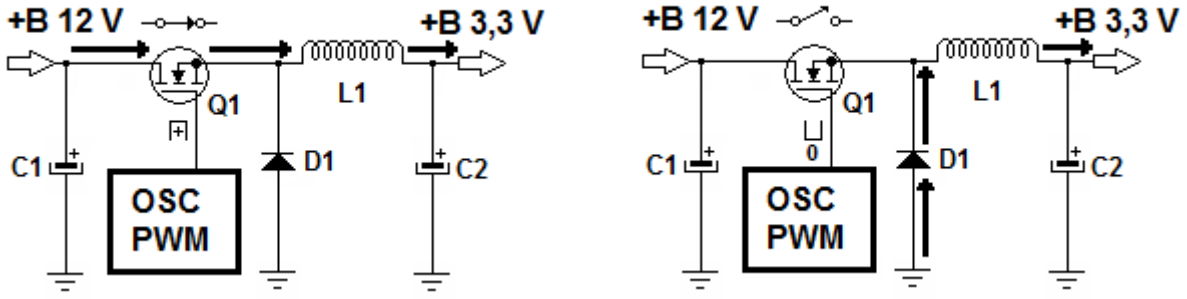
VFB - _____

PWM - _____

O roteiro para conserto desta fonte é semelhante ao da fonte em paralelo, porém para saber se temos a tensão alternada de saída se esta for superior à 1000 V use o multímetro analógico na escala de tensão ACV 10. Apenas coloque a ponta de prova vermelha (a preta fica no terra) sobre a parte isolada dos conectores de saída. Se o ponteiro mover, a fonte está funcionando. Se o ponteiro ficar parado no zero a fonte não está oscilado e temos o mesmo procedimento de conserto usado para a fonte paralela.

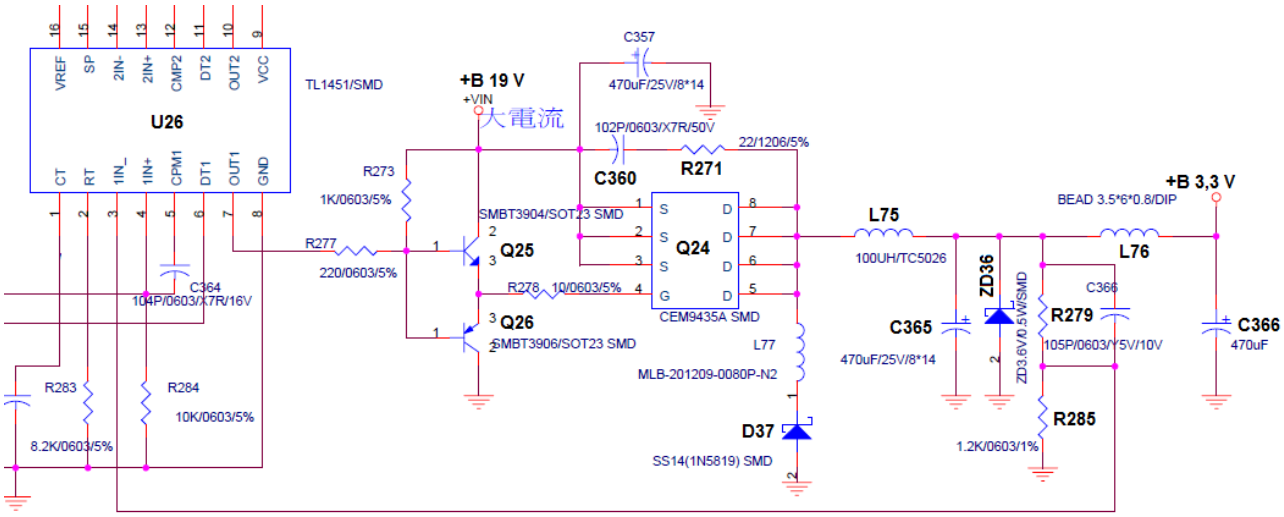
3. Conversor DC-DC “Buck” ou “step-down”

Conversores DC-DC são fontes chaveadas que transformam tensão contínua de um valor em outro com o mínimo de perdas de energia. O conversor “buck” transforma uma tensão de valor mais alto numa de valor mais baixo. O circuito básico possui um transistor chaveador (geralmente mosfet), um oscilador de PWM, uma bobina, um diodo e um capacitor de filtro. Veja abaixo o princípio de funcionamento:



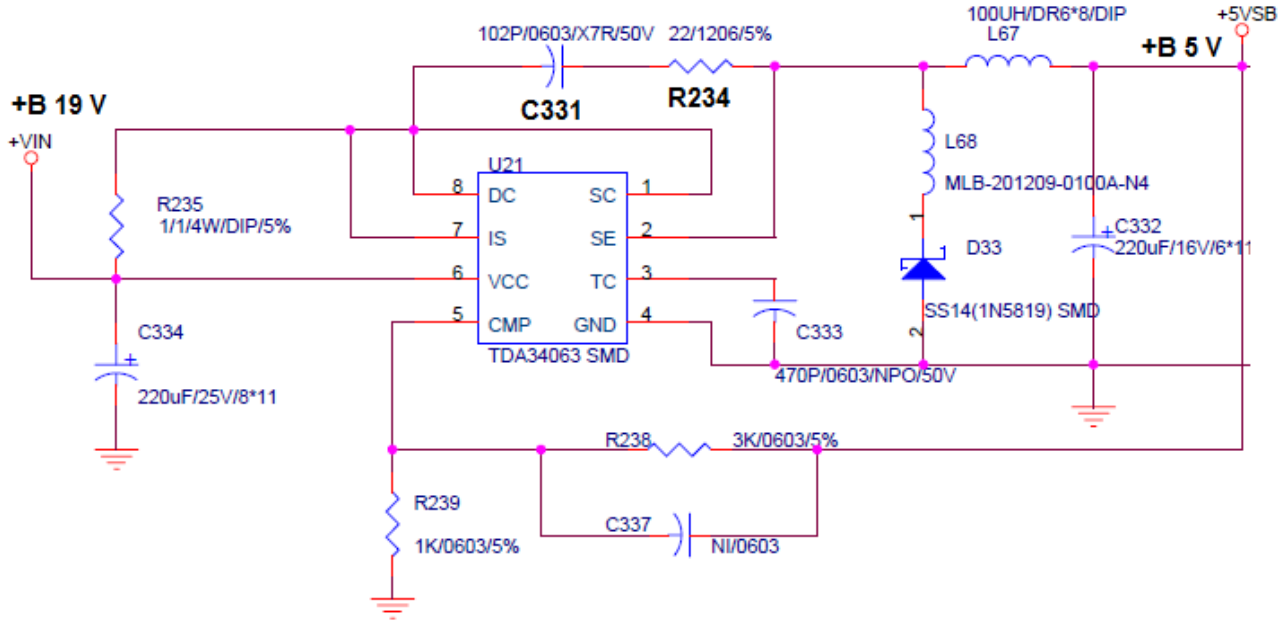
Quando o gate de Q1 vai a nível 1 (sinal PWM) ele conduz, passa corrente pela bobina L1 armazenando energia nela em forma de campo magnético e carregando o capacitor C2 com a tensão de +B que vai alimentar a carga. Quando o gate de Q1 vai a nível 0 ele corta e a energia armazenada em L1 faz a tensão no catodo de D1 ficar abaixo de zero. Assim D1 conduz, circula corrente por ele mantendo o capacitor carregado e a carga alimentada. Quando o gate de Q1 vai a nível 1 novamente D1 corta e o ciclo recomeça. A tensão a ser obtida na bobina (saída de +B) depende da velocidade de chaveamento de Q1. D1 além proporcionar a circulação da corrente pela carga quando Q1 corta, também protege este transistor dos impulsos negativos de retorno da bobina durante o estado de corte do mesmo.

Em alguns casos o transistor mosfet pode estar dentro de um CI como no conversor abaixo:



Como exercício, vamos colocar dentro dos parênteses os componentes destacados no esquema deste conversor buck usado num televisor Toshiba:
O CI (_____) é um oscilador de PWM. O sinal que sai dele passa por dois transistores amplificadores de corrente que são (_____) e (_____) e daí para o gate do CI mosfet (_____). Nos sources do mosfet entra um +B de 19 V e nos drenos sai o +B de 3,3 V. Quando o mosfet conduz passa corrente, armazena energia na bobina (_____) e alimenta a carga.
Quando o mosfet corta, o diodo (_____) conduz devido à energia da bobina, mantém a corrente na carga e o capacitor (_____) carregado. Bem à direita do circuito a bobina

(_____) e o capacitor (_____) melhoram bem a filtragem da tensão de 3,3 V. O diodo zener (_____) protege a carga caso o mosfet entre em curto e deixe passar direto os 19 V. Os resistores (_____) e (_____) retiram uma amostra da tensão de saída da fonte e enviam de volta ao CI para que este altere o PWM e mantenha o +B sempre em 3,3 V independente da tensão de entrada ou consumo da carga. O capacitor (_____) e o resistor (_____) formam um circuito snubber para eliminar os ruídos de chaveamento do mosfet.
Há conversores buck no qual o mosfet está dentro do mesmo CI oscilador de PWM como abaixo:

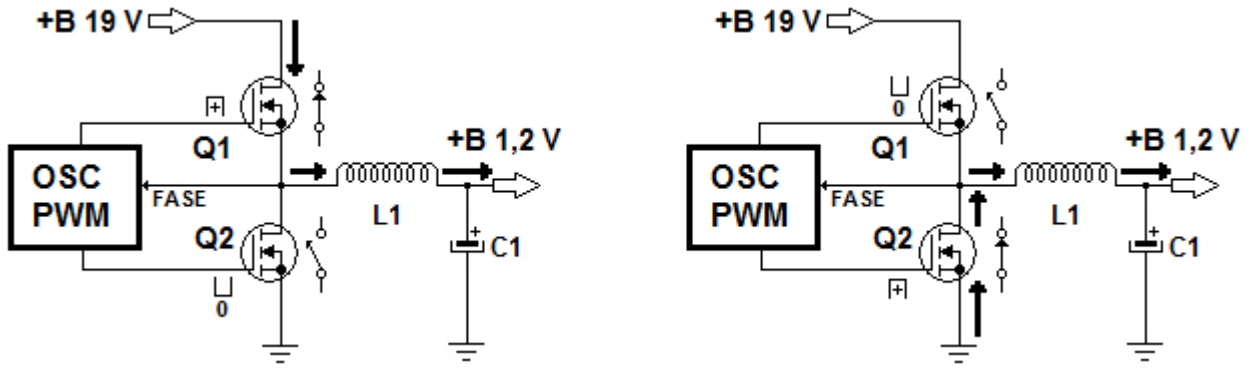


Observe no esquema do conversor buck acima e coloque dentro do parênteses a identificação dos componentes principais de acordo com as funções:

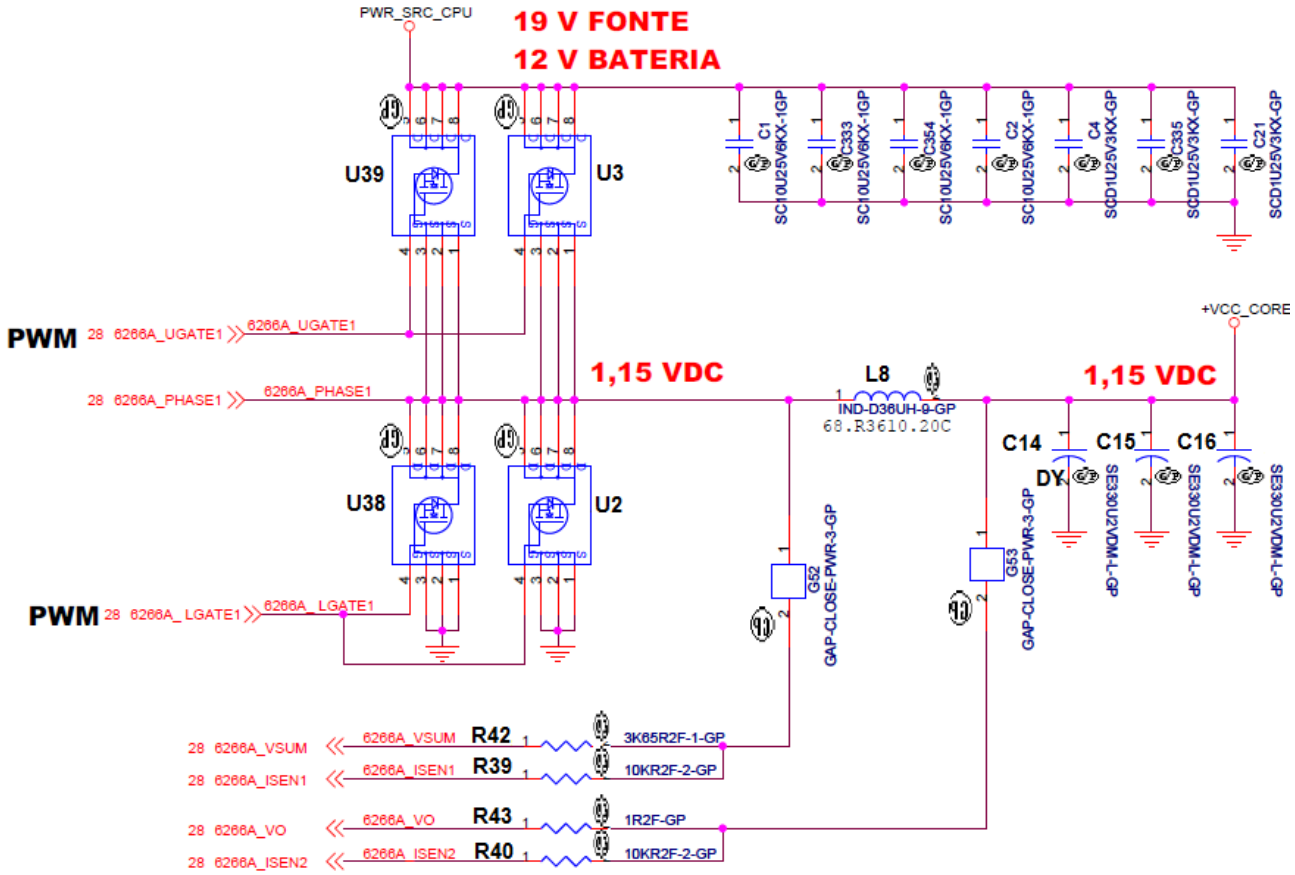
(_____) CI oscilador PWM e mosfet chaveador;
(_____) Bobina que armazena a energia durante a condução do mosfet;
(_____) Diodo que mantém a corrente na carga com o mosfet no corte;
(_____) Capacitor de filtro da tensão de saída;
(_____) Resistores que retiram uma amostra da saída da fonte para o CI manter a tensão constante na saída;
(_____) Circuito snubber.

Conversor "buck" síncrono

Este modelo é usado para alimentar circuitos (cargas) que exigem correntes maiores. Nele o diodo que mantém a corrente no circuito é substituído por outro mosfet chaveado pelo mesmo oscilador de PWM. Veja a seguir o princípio deste circuito:



Nos esquemas mostrados Q1 é o chaveador principal e Q2 é outro chaveador substituindo o diodo. No gate dos dois chega o sinal de PWM do CI oscilador. Se a tensão de saída for bem baixa, o PWM no gate de Q1 tem amplitude bem maior que o do gate de Q2. Se a tensão de saída for mais alta, a diferença de amplitude do sinal nos gates fica menor. Quando o gate de Q1 vai a nível 1, Q2 vai ao nível 0, a corrente passa por Q1, armazenando energia em L1, carregando C1 e alimentando o circuito. Quando o gate de Q1 vai a nível 0, Q2 vai a nível 1, a energia em L1 faz circular corrente por Q2, pela carga e mantém o capacitor C1 carregado com a tensão correta. Os pulsos entre Q1 e Q2 são devolvidos ao CI para que ele sincronize o funcionamento dos transistores (daí o nome do conversor). Este sinal de fase indica ao CI o momento certo de ligar um dos transistores e desligar o outro.
Estes conversores buck síncronos são usados na alimentação de diversos circuitos de placa mãe de PC ou notebook incluindo o próprio processador. De acordo com o consumo da carga poderemos ter dois mosfets em paralelo no lugar de Q1 e/ou Q2 ou até várias células destas para alimentar o mesmo circuito. Assim elas dividem a corrente e não superaquecem os mosfets. Veja abaixo um conversor usado para alimentar um processador de notebook (não aparece o CI):



Agora vamos colocar as funções dos componentes principais:

U3 e U39 = _____

U2 e U38 = _____

L8 = _____

C14, 15 e 16 = _____

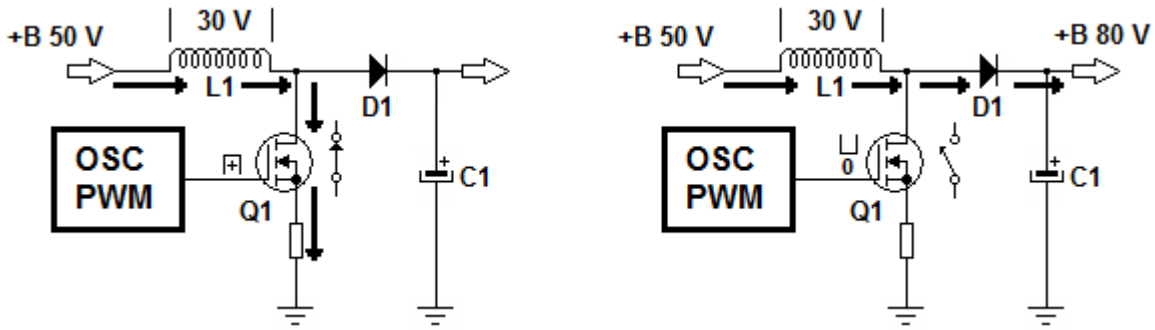
R39, 40, 42 e 43 = _____

Roteiro para conserto do conversor "buck"

- ✓ **Verifique se chega e sai +B do conversor nos valores corretos;**
- ✓ **Não sai +B do conversor, mas também não entra tensão nele –** Neste caso o defeito está na fonte que alimenta o conversor;
- ✓ **Chega tensão normal no conversor, mas não sai –** Verifique se não tem curto na saída dele, desligando a alimentação da carga. Outra forma de descobrir curto é usar um multímetro de ponteiro (analógico) em X1 ponta vermelha no terra e a preta na saída de +B do conversor. O ponteiro **não deve** chegar ao zero. Em alguns casos resistências baixas como 5, 10 Ω são normais dependendo do circuito que o conversor alimenta.
- ✓ **Não sai tensão do conversor e não há curto na linha de +B –** Se o mosfet é separado do CI, verifique se ele está bom, se o CI está alimentado, componentes em volta e trocar o CI. Se o mosfet for dentro do CI a solução será a troca do mesmo.

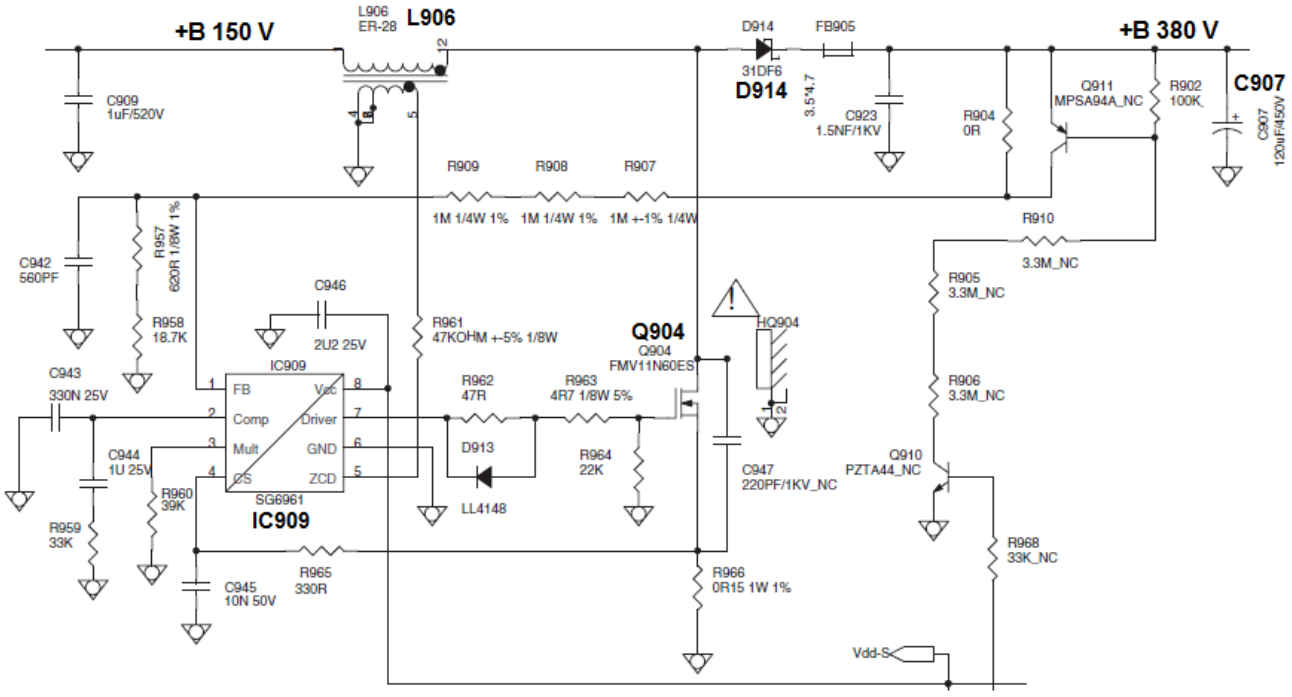
4. Conversor DC-DC "Boost" ou "step-up"

Este funciona de forma contrária. Recebe uma tensão contínua menor e converte num valor mais alto. Veja abaixo o princípio de funcionamento do "boost":



Observe como este circuito usa os mesmo componentes básicos do "buck" porém ligados de forma diferente. A função de Q1 neste circuito é ligar e desligar L1 que funciona como "booster" (bobina reforçadora). Quando o gate de Q1 vai a nível 1 ele conduz passa corrente por L1 que armazena energia. Quando o gate de Q1 vai a nível 0, ele corta e a energia da bobina se soma com o +B de entrada, sendo retificada por D1 e filtrada por C1 resultando num +B de saída maior que o de entrada. Este tipo de circuito é usado para fornecer tensão para alimentar o backlight nas TVs LED e em algumas fontes de TV LCD.

Veja abaixo um conversor boost usado numa TV Philips LCD que transforma 150 em 380 V:



Vamos marcar os componentes principais:

(_____) É o CI oscilador de PWM;
(_____) É o mosfet chaveador;
(_____) É a bobina booster (reforçadora);
(_____) É o retificador da tensão de saída;
(_____) É o filtro da tensão de saída.

Roteiro para conserto do conversor boost

- ✓ **Meça as tensões na entrada e saída do conversor –** É obrigatório que a tensão de saída esteja maior que a de entrada;
- ✓ **A tensão de saída está igual à de entrada –** Neste caso o conversor não está operando. Devemos verificar: O CI (por troca), a alimentação dele, algum comando que talvez ele precise receber para oscilar, o diodo retificador da tensão de saída, componentes ao redor dele e até o próprio mosfet aberto (defeito raro).
- ✓ **Não há tensão chegando ao conversor –** Verifique se o mosfet não está em curto (defeito comum). Neste caso derruba o +B todo inclusive na entrada do conversor. Teste o diodo e o capacitor que filtram a tensão de saída. Verifique também se não há curto na linha de +B após o conversor.

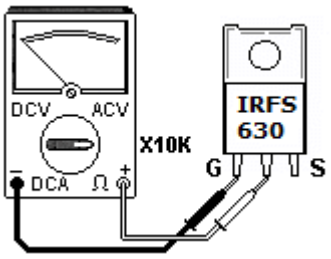
Observação – Se o conversor funciona, mas a bobina, mosfet ou o diodo esquentam muito, teste todos os resistores ao redor do CI oscilador de PWM. Algum deles pode estar com valor alterado e pode causar esta falha.

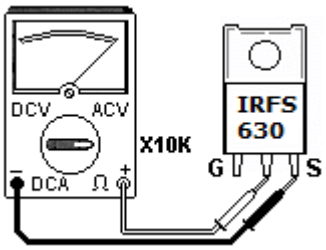
5. Testando mosfets

Um mosfet pode apresentar defeito e impedir o funcionamento de uma fonte chaveada. O teste deles fora do circuito é feito com escala de X10K de um multímetro analógico. Dentro do circuito a escala é X1. Vamos dividir o procedimento entre canal N e cana P:

Testando mosfet de canal N (mais usado)

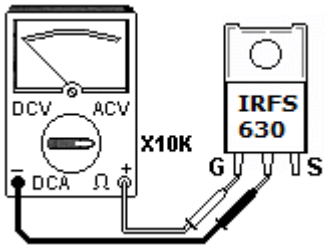
a) Deixe a ponta vermelha fixa no dreno (meio) e toque com a ponta preta no gate (lado esquerdo), o ponteiro não deve mexer e depois no source (lado direito), o ponteiro deve ir ao zero.

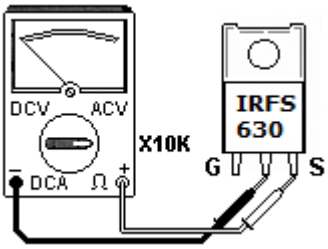




Se o ponteiro for ao zero com a preta tanto no gate quanto no source, o mosfet está em curto.

b) Agora deixe fixa a preta no dreno e coloque a vermelha no gate e depois no source. O ponteiro não deve mexer em nenhum dos dois. Veja abaixo:

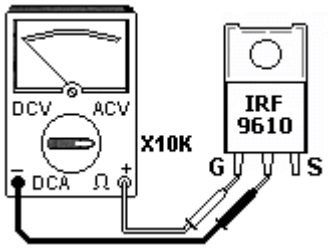


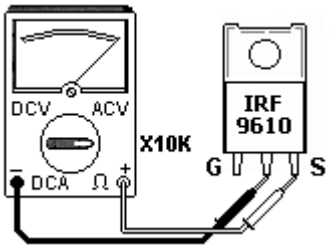


Se o ponteiro mexer nos dois terminais ou em um deles, o mosfet está em curto.

Testando mosfet de canal P (menos usado)

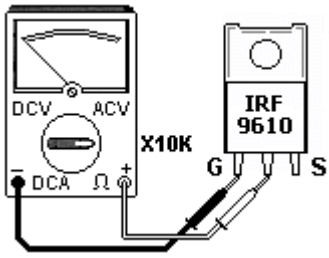
a) Fixe a ponta preta no dreno e a vermelha no gate (o ponteiro não deve mexer) e no source (o ponteiro deve ir ao zero). Veja abaixo:

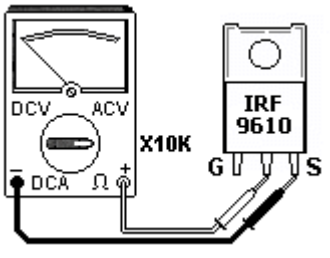




Se o ponteiro for ao zero com a vermelha tanto no gate quanto no source, o mosfet está em curto.

b) Agora fixe a vermelha no dreno e a preta no gate e no source o ponteiro não deve mexer em nenhum deles. Veja o teste abaixo:



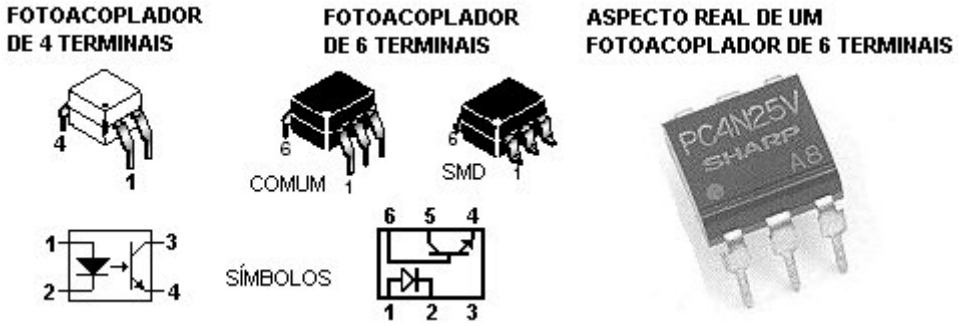


Se o ponteiro mexer nos dois terminais ou em um deles, o mosfet está em curto.

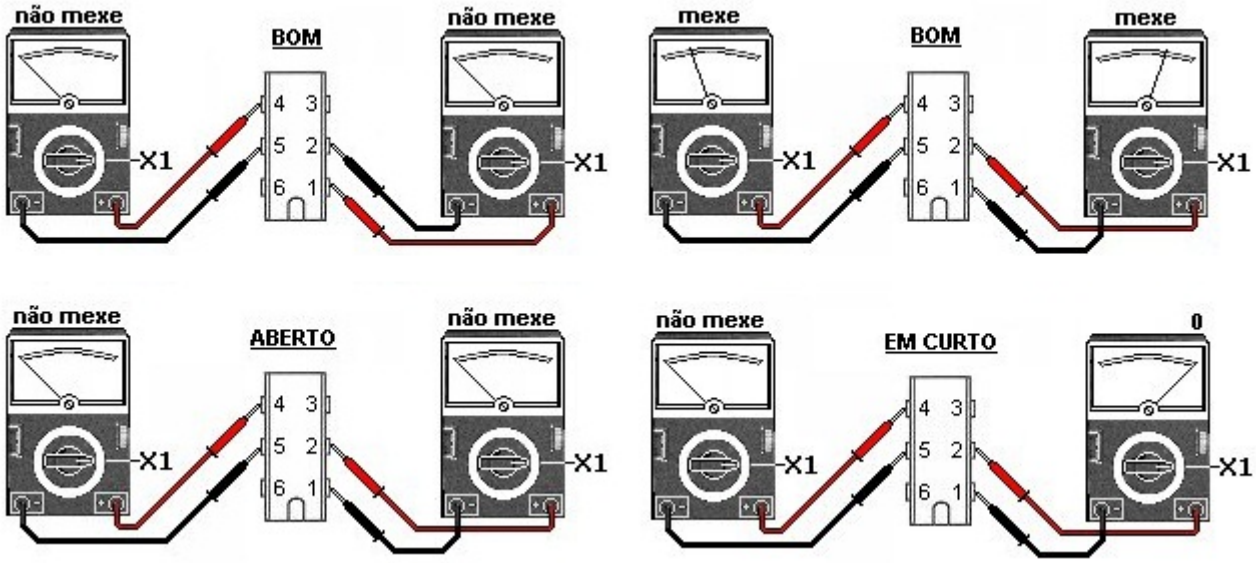
6. Testando fotoacopladores

Fotoacoplador ou acoplador ótico é um CI formado internamente por led e fototransistor. Quando o led acende, polariza a base do fototransistor com a luz e este conduz. A corrente pelo fototransistor depende da corrente que passa pelo led. São usados em fontes chaveadas para transferir a tensão de amostra da saída do +B via amplificador de erro ao CI

oscilador de PWM para que este ajuste a tensão de saída da fonte. Como a transferência de tensão pelo fotoacoplador é por luz, mantém-se o isolamento entre os terras da fonte.



Para testá-los usamos dois multímetros analógicos com escala de X1 ou pelo menos um analógico que tenha a escala da X1 (o outro pode ser digital). Veja o teste abaixo:



Os fotoacopladores usados nas fontes chaveadas podem ter 4 ou 6 pinos. Isto não muda o sistema de testar. Coloque a ponta preta de um multímetro no pino 3 (4 pinos) ou 5 (6 pinos) e a vermelha no pino 4 dos dois tipos. Com o outro multímetro meça os pinos 1 e 2 nos dois sentidos. Observe que quando o ponteiro mexe, o do outro multímetro acompanha. Se isto ocorrer, o fotoacoplador está bom. Se o ponteiro de um multímetro mexer e o do outro não, o fotoacoplador está com defeito. O multímetro que é usado para o teste do led (pinos 1 e 2) pode ser substituído por um conjunto de 4 pilhas em série com um resistor de 470 Ω. E o teste será o mesmo. Assim que aplicarmos a tensão da pilha em série com o resistor na polaridade certa do led, o ponteiro do multímetro ligado no transistor terá que mexer caso contrário o fotoacoplador está com defeito.

OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE FONTES CHAVEADAS

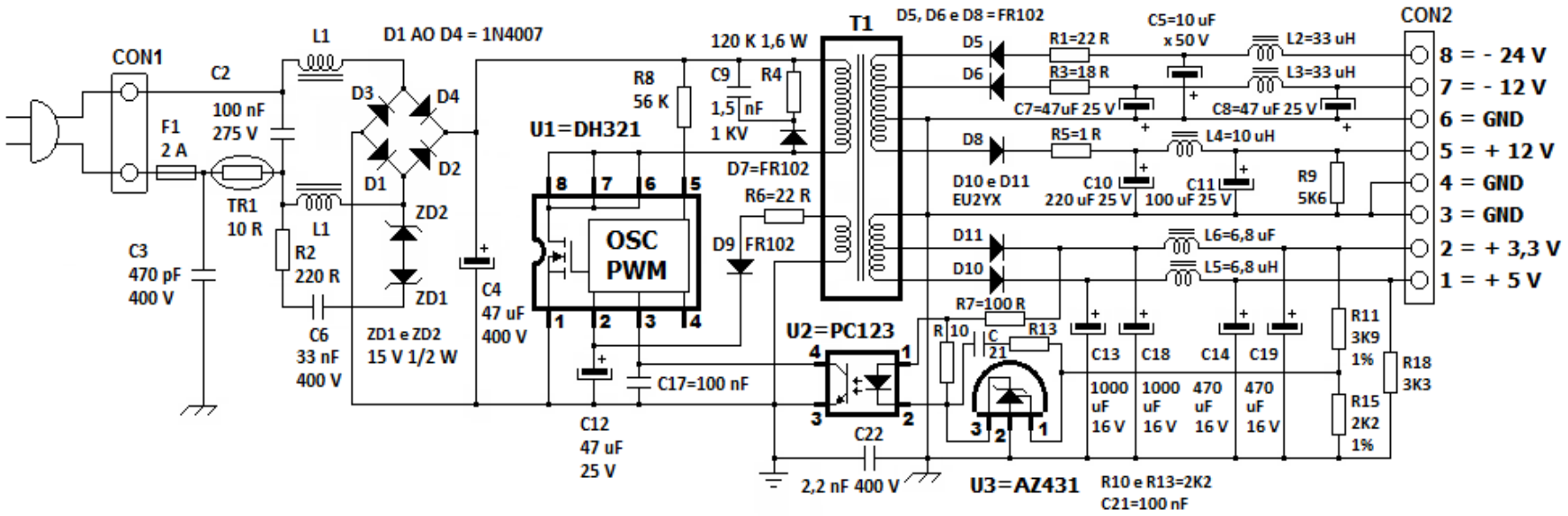
- ✓ **Evitar choques elétricos -** Ao desligar uma fonte da rede, o capacitor de filtro principal ainda pode reter carga por algum tempo. Neste caso corre-se o risco de:

tomar choque ao tocar nos terminais dele ou trilhas que vão ligadas nele, queimar o multímetro ao testar os componentes ou até com a baixa resistência das escalas de resistência do multímetro jogar a tensão do capacitor de filtro em algum componente sensível e acabar queimando o mesmo. Neste caso devemos descarregar tal capacitor.

- ✓ **Descarregando o capacitor de filtro (ou outros) –** Utilize um resistor de fio com valores entre 1 K e 10 K com potência nominal entre 10 e 20 W com garras jacaré ou pontas de prova ligadas nos terminais. Ao desligar a fonte da rede encoste as garras contendo o resistor nos terminais do capacitor de filtro e espere alguns segundos. Pronto. O capacitor já está descarregado e podemos trabalhar na fonte sem riscos. A descarga do capacitor também pode ser feita com uma lâmpada incandescente de 220 V x 60 W.
- ✓ **Simulando carga para a fonte –** O mesmo resistor de fio citado anteriormente pode ser ligado entre qualquer linha de +B e terra para simular uma carga na saída da fonte e assim medindo a tensão na carga podemos verificar se a fonte funciona normalmente.
- ✓ **Verificando o estado dos capacitores eletrolíticos de filtro das saídas da fonte –** Algumas vezes as fontes chaveadas apresentam defeito devido aos capacitores eletrolíticos com defeito. Eles podem apresentar diversas falhas como alterar o valor, estufar ou alterar uma característica chamada ESR (resistência equivalente em série). Para testar o funcionamento dos capacitores de filtro temos algumas técnicas: Trocar por um novo, verificar a temperatura (capacitor muito quente deve ser trocado), testar o valor com um capacímetro (teste não totalmente confiável), se tiver um medidor de ESR de capacitores pode usar também ou um osciloscópio. Colocando a fonte para funcionar com carga meça a tensão e forma de onda com o osciloscópio na entrada DC. Devemos encontrar uma tensão contínua perfeita. Se houver ondulação (ripple), o capacitor ou capacitores daquela linha de +B deve (m) ser (em) trocado (s).
- ✓ **Cuidado a ser observado na troca dos capacitores –** Em fontes chaveadas use somente capacitores eletrolíticos de 105 ºC porque eles ficam perto de dissipadores que esquentam, portanto devem suportar temperaturas mais altas.
- ✓ **Cuidado com o fotoacoplador e amplificador de erro –** O fotoacoplador e o amplificador de erro (normalmente um CI 431 parecido com um pequeno transistor) têm como função enviar uma amostra da saída da fonte para que o CI possa ajustar as tensões de +B. Falha nestes componentes pode fazer a fonte ficar com tensão muito alta queimando o circuito alimentado por ela ou os eletrolíticos de filtro. Ao pegar uma fonte com os eletrolíticos estourados nas saídas pode ser indício que a tensão estava bem alta causada por estes componentes. **Nunca ligue uma fonte sem estar com o fotoacoplador e o amplificador de erro nos seus devidos lugares na placa.**
- ✓ **Inspeção visual –** De resto uma inspeção visual nos componentes da fonte podem indicar a localização da falha se esta for visível (componente ou trilha queimada).

Esquema elétrico da fonte de um DVD player da Philips:

ESQUEMA ELÉTRICO DA FONTE PARA APARELHOS DE DVD PLACA 40-VP5120-PWD1X



OBSERVAÇÕES:

1 - TODOS OS RESISTORES EXCETO R4 SÃO DE 1/4 W
2 - C3, C9 E C22 SÃO DE CERÂMICA DE ALTA ISOLAÇÃO
3 - C17 E C21 SÃO DE CERÂMICA DE BAIXA ISOLAÇÃO
4 - C6 É DE POLIÉSTER METALIZADO
5 - TODOS OS ELETROLÍTICOS EXCETO C11 SÃO DE 85 °C
6 - C11 É DE 105 °C
7 - CABO DE FORÇA NÃO INCLUSO

DISCRIMINAÇÃO	
TÍTULO	ESQUEMA ELÉTRICO FONTE VP5120
DES.	LUIS CARLOS BURGOS
SITE	www.burgoseletronica.net
PARA	SANTANA CENTRO ELETRÔNICO
SITE	www.santancentro.com.br
DATA	26/10/2011

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS DE ELETRÔNICA

EXERCÍCIO 01 – A – CI; B – diodo; C – trimpot; D – transistor NPN; E – bobina; F – resistor; G – capacitor comum; H – capacitor eletrolítico.
EXERCÍCIO 02 – CAB (de cima para baixo).
EXERCÍCIO 03 – 0,0075 A ou 7,5 mA.
EXERCÍCIO 04 – 1 Hz, 4 Hz e 2 Hz.
EXERCÍCIO 05 – 3 W.
EXERCÍCIO 06 – 1K5, 68 Ω, 390 Ω, 18 Ω, 2M2, 47 K, 100 K, 8K2, 10 Ω.
EXERCÍCIO 07 – 1 Ω, 0,22 Ω, 2210 Ω ou 2K21.
EXERCÍCIO 08 – 9 V, 35 V, 6 V, 12 V, 110 V.
EXERCÍCIO 09 – 18 Ω, 1K1, 2 Ω
EXERCÍCIO 10 – 10 Ω, 3 K, 8 K, 70 Ω.
EXERCÍCIO 11 – infinito (aberto), 100 K (bom), 200 Ω (alterado).
EXERCÍCIO 12 – 3300 pF, 100 nF, 220 nF, 8,2 nF.
EXERCÍCIO 13 – 1500 pF = 1,5 nF; 0,068 µF = 68 nF; 0,1 µF = 100 nF; 33 nF.
EXERCÍCIO 14 – 82 pF, 0,047 µF = 47 nF, 5,6 pF, 4700 pF = 4,7 nF, 82 pF, 820 pF, 8,2 pF, 10000 pF = 10 nF.
EXERCÍCIO 15 – aberto, em curto, em curto, bom.
EXERCÍCIO 16 – A e E.
EXERCÍCIO 17 – NPN – A, D, F; PNP – A, D, E.
EXERCÍCIO 18 – bom, aberto, em curto.
EXERCÍCIO 19 - CAB (de cima para baixo).
EXERCÍCIO 20 – isolação, elevador, redutor.
EXERCÍCIO 21 – Trafo-diodo-capacitor.
EXERCÍCIO 21 (repetido) – 4,7 V; 33 V; 6 V.
EXERCÍCIO 22 – 100 µH, 33 µH, 15 µH.

RESPOSTAS DO TESTE FINAL TEÓRICO

(Q)
(X)
(C)
(U)
(B)
(D)
(Z)
(T)
(R)
(L)

RESPOSTAS DO TESTE FINAL PRÁTICO

1. **1K5; 82 Ω; 2,2 Ω;**
2. **44 Ω; 11 Ω**
3. **(A)**
4. **(C)**
5. **(B)**
6. **(B)**
7. **(A)**
8. **(A)**
9. **(B)**
10. **(B)**

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS DO MÓDULO DE FONTES CHAVEADAS

Exercício páginas 37 e 38:

F1 e F2 = Fusíveis de entrada
L1, L2, C1 e C2 = Filtro de rede
VR1 = Varistor
TR1 = Termistor NTC (coeficiente negativo)
DX1 = Ponte Retificadora
C3 e C4 = Eletrolíticos de filtro principal da fonte comum (entrada de rede)
IC1 = Oscilador de PWM (modulação por largura de pulso)
Q1 = Mosfet Chaveador da fonte
T1 = Transformador "chopper" (chaveador)
R1 = Resistor de disparo da fonte
D1 e C5 = Fonte de alimentação do CI oscilador de PWM após o disparo
D2, D3, C6 e C7 = Retificadores e filtros das tensões de saída da fonte
IC3 = CI amplificador de erro para correção das tensões de saída
IC2 = Fotoacoplador que transfere a tensão do amplificador de erro ao CI da fonte
C8 = Capacitor de separação dos terras da fonte
D4 e R2 = Circuito "snubber" que drena a energia do primário durante o corte de Q1

Exercício página 41:

Q801 e 802 = Mosfets chaveadores
T803 = "Chopper"
IC801 = CI oscilador de PWM
IFB = Retorno da amostra da corrente das lâmpadas para o CI
VFB = Retorno da amostra da tensão das lâmpadas para o CI
PWM = Onda quadrada (modulação por largura de pulso) que controla os mosfets

Exercício páginas 42 e 43:

U26 - Q25 e Q26 - Q24 - L75 - D37 - C365 - L76 e C366 - ZD36 - R279 e R285 - C360 e R271

U21 L67 D33 C332 R238 e R239 R234 e C331 (Na ordem de cima para baixo)

Exercício página 44:

U3 e U39 = Mosfets chaveadores
U2 e U38 = Mosfets chaveadores no papel do diodo que mantem a carga do capacitor
L8 = Bobina que armazena energia durante a condução de U3 e U39
C14, 15 e 16 = Filtros da tensão de saída do conversor DC-DC
R39, 40, 42 e 43 = Levam sinais de retorno ao CI oscilador de PWM

Exercício página 46:

IC909 Q904 L906 D914 C907 (Na ordem de cima para baixo)

Neste trabalho o aluno vai aprender sobre os componentes eletrônicos, como identifica-los e testá-los. Também aqui falamos a respeito de fontes de alimentação chaveadas que atualmente você encontra em praticamente todos os equipamentos eletrônicos.

- ✓ Símbolo dos componentes
- ✓ Resistores;
- ✓ Capacitores;
- ✓ Bobinas e tranformadores;
- ✓ Semicondutores;
- ✓ Multímetro;
- ✓ Fontes de alimentação;
- ✓ Reguladores de tensão
- ✓ Teste de componentes;
- ✓ Fontes chaveadas;
- ✓ Conversores DC-DC;
- ✓ Testes em fontes de alimentação;
- ✓ Exercícios gerais de eletrônica e fontes chaveadas;
- ✓ Gabaritos dos exercícios;

Luis Carlos Burgos é técnico e instrutor de eletrônica há 24 anos. Trabalhou em várias assistências técnicas incluindo autorizadas Sharp e Philco, foi professor de eletrônica na extinta Escola Aladim por 17 anos (de 91 a 2008) e há mais de 3 anos escreve livros na área da eletrônica, tendo alguns trabalhos publicados pela Editora Antenna. Atualmente é co proprietário da Burgoseletronica, empresa de cursos de eletrônica, livros, componentes eletrônicos e de informática. Também realiza treinamentos periódicos em parceria com as lojas Esquemafácil e Livrotec.

Revendas:

São Paulo – Burgoseletrônica – www.burgoseletronica.net http://loja.burgoseletronica.net www.lojaburgoseletronica.com.br

Esquemafácil – www.esquemafacil.com.br

Rio de Janeiro – Livrotec – www.livrotec.com.